



3682
#3
BT

12-10-02

Attorney Docket No. Q66035
PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Hiromichi TAKEMURA, et al.

Appln. No.: 09/940,510

Group Art Unit: 3682

Confirmation No.: 5221

Examiner: Not Yet Assigned

Filed: August 29, 2001

For: METHOD AND APPARATUS FOR PREDICTING THE LIFE OF A ROLLING
BEARING, ROLLING BEARING SELECTION APPARATUS USING THE LIFE
PREDICTION APPARATUS, AND STORAGE MEDIUM

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith are certified copies of the priority documents on which claims to
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to
acknowledge receipt of said priority documents.

Respectfully submitted,

Darryl Mexic
Registration No. 23,063

SUGHRUE MION, PLLC
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20037-3213
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: Japan 2000-259767
Japan 2000-364427

Date: November 15, 2001

RECEIVED
NOV 20 2001
GROUP 3600



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

Hiromichi TAKEMURA, et al.
Filed: August 29, 2001
Q66035 Appln. No.: 09/940,510
Group Art Unit: 3682
(202) 293-7060 1 of 2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2000年 8月29日

出願番号
Application Number:

特願2000-259767

出願人
Applicant(s):

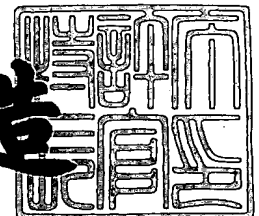
日本精工株式会社

RECEIVED
NOV 20 2001
GROUP 3600

2001年 8月31日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3078352

【書類名】 特許願

【整理番号】 200143

【提出日】 平成12年 8月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23Q 5/40

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

【氏名】 武村 浩道

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

【氏名】 村上 保夫

【特許出願人】

【識別番号】 000004204

【氏名又は名称】 日本精工株式会社

【代表者】 関谷 哲夫

【代理人】

【識別番号】 100066980

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 哲也

【選任した代理人】

【識別番号】 100075579

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 嘉昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100103850

【弁理士】

【氏名又は名称】 崔 秀▲てつ▼

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001638

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006534

【包括委任状番号】 9402192

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 転がり軸受の寿命予測方法、予測装置及び記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測方法において、等価荷重を P 、荷重指数を p 、潤滑剤の粘度比を κ 、汚染度係数を a_C 、疲労限度荷重を P_u 、寿命補正係数を a_{NSK} としたときに、ある信頼度係数 a_1 における転がり軸受の定格補正寿命 L_A を、

$$L_A = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot (C/P)^p$$

$$a_{NSK} \propto f \{ F(\kappa), \{ (P - P_u) / C \} \cdot 1 / a_C \}$$

で算出するようにしたことを特徴とする転がり軸受の寿命予測方法。

【請求項2】 前記汚染度係数 a_C は、鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度として材料係数 a_m を適用して、

$$a_C = g(a_m, a_C)$$

で算出するようにしたことを特徴とする請求項1記載の転がり軸受の寿命予測方法。

【請求項3】 前記寿命補正係数 a_{NSK} は、粘度比 κ の関数 $F(\kappa)$ を潤滑パラメータ a_L として設定し、この潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{ (P - P_u) / C \} \cdot 1 / a_C$ とに基づいて算出されることを特徴とする請求項1又は2に記載の転がり軸受の寿命予測方法。

【請求項4】 基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測装置において、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算する動等価荷重演算手段と、信頼度係数を設定する信頼度設定手段と、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算する潤滑パラメータ演算手段と、汚染度を設定する汚染度設定手段と、疲労限度荷重を演算する疲労限度荷重演算手段と、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定する荷重パラメータ決定手段と、前記潤滑パラメー

タ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定する寿命補正係数設定手段と、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算する軸受寿命演算手段とを備えていることを特徴とする転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項 5】 基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測装置において、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算する動等価荷重演算手段と、信頼度係数を設定する信頼度設定手段と、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算する潤滑パラメータ演算手段と、汚染度を設定する汚染度設定手段と、疲労限度荷重を演算する疲労限度荷重演算手段と、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定する荷重パラメータ決定手段と、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定する寿命補正係数設定手段と、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算する軸受寿命演算手段と、該軸受寿命演算手段の演算結果が所望寿命に該当しないときに当該所望寿命が一致させる再演算が必要であるか否かを判定する再演算判定手段とを備えていることを特徴とする転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項 6】 前記汚染度設定手段は、鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度としての材料係数を考慮した汚染度係数を設定するように構成されていることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項 7】 前記潤滑パラメータ演算手段は、使用潤滑剤の運転動粘度 ν と軸受平均直径 d m と、軸受回転数 N とから運転温度における使用潤滑剤の動粘度 ν 及び運転温度における必要粘度 ν_1 の比である粘度比 κ を演算するように構成されていることを特徴とする請求項 4 乃至 6 の何れかに記載の転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項 8】 前記寿命補正係数演算手段は、荷重パラメータ及び潤滑パラ

メータをもとに、当該値と寿命補正係数との関係を潤滑パラメータをパラメータとして表す寿命補正係数算出マップを参照して、寿命補正係数を算出するように構成されていることを特徴とする請求項4乃至7の何れかに記載の転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項9】 前記軸受寿命演算手段で算出した軸受寿命を提示する提示手段を備えることを特徴とする請求項4乃至8の何れかに記載の転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項10】 基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測プログラムを格納した記憶媒体であって、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力するステップと、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算するステップと、信頼度係数を設定するステップと、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算するステップと、汚染度を設定するステップと、疲労限度荷重を演算するステップと、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定するステップと、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定するステップと、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算するステップを含むことを特徴とする寿命予測プログラムを格納した記憶媒体。

【請求項11】 基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測プログラムを格納した記憶媒体であって、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力するステップと、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算するステップと、信頼度係数を設定するステップと、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算するステップと、汚染度を設定するステップと、疲労限度荷重を演算するステップと、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定するステップと、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定するステップと、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重

指数に基づいて軸受寿命を演算するステップと、該軸受寿命の演算結果が所望寿命に該当しないときに当該所望寿命が一致させる再演算が必要であるか否かを判定するステップとを含むことを特徴とする寿命予測プログラムを格納した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基本動定格荷重及び基本静定格荷重が計算できる仕様を有する転がり軸受の寿命を正確に予測することができる転がり軸受の寿命予測方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

転がり軸受の基本定格寿命 L_{10} に関しては J I S B 1 5 1 8 : 1 9 9 2 で規定されており、通常は次式のような計算式が用いられている。

$$L_{10} = (C/P)^P \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、C は転がり軸受の基本動定格荷重、P は軸受に作用する動等価荷重である。また、p は荷重指数を表し、玉軸受の場合 $p = 3$ 、ころ軸受の場合 $p = 10/3$ に設定される。この基本定格寿命 L_{10} は、信頼度が 90% で、普通使用する材料を用いて、通常の製造品質で、且つ普通の使用条件におけるものである。

【0003】

一方、破損確率が n % のときの信頼度 $(100 - n)$ % 及び特殊な軸受特性並びに特定の使用条件に対する補正定格寿命 L_{na} は、次式のようにになる。

$$L_{na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_{10} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 a_1 は信頼度係数であって、下記表 1 で表記され、信頼度を高める程低い値となる。

【0004】

【表1】

信頼度%	L_{na}	a_1
90	L_{10a}	1
95	L_{5a}	0.62
96	L_{4a}	0.53
97	L_{3a}	0.44
98	L_{2a}	0.33
99	L_{1a}	0.21

【0005】

また、 a_2 は軸受特性係数であって、材料改良による疲れ寿命の延長を補正する係数で、通常1.0とするが真空脱ガス軸受鋼材を使用すると1.0以上となり、高純度鋼となると高い値となる。さらに、 a_3 は使用条件係数であって、潤滑条件に及ぼす影響を補正する係数で、十分な油膜厚さが期待できる場合に

$a_3 \geq 1$ となるが、油接触部における潤滑油の粘度が低すぎる場合、転動体の周速が非常に遅い場合、軸受温度が高い場合及び潤滑剤の中に異物、水分が混入した場合には $a_3 < 1$ となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来例にあつては、(1)式による基本定格寿命 L_{10} に信頼度、軸受特性及び使用条件を加味した補正を行うことで、転がり軸受の寿命予測精度を向上させることができるものであるが、この補正定格寿命 L_{na} では、軸受特性係数 a_2 及び使用条件係数 a_3 は定量化することが困難であり、特に使用条件係数 a_3 の決め方が不十分であるため基本動定格寿命がバラツク問題が生じている。このため、 $a_2 \times a_3$ を1つの値として取り扱う考え方もある。この場合には、一般的な潤滑条件では、 $a_2 \times a_3 = 1$ となるが、潤滑剤の粘度が低すぎる場合には $a_2 \times a_3 = 0.2$ 程度と小さな値になり、また軸受の傾きもなく運転温度で十分な潤滑油膜厚さがある場合には $a_2 \times a_3 = 2$ を採ることができ

る。このように、軸受特性係数 a_2 及び使用条件係数 a_3 の積で見ると、0.2～2.0と変化し、これら係数の積だけで寿命が10倍も変化することになり、正確な寿命予測を行うことができないという未解決の課題がある。

【0007】

すなわち、NSKテクニカルジャーナル (No. 655 (1993) p17～24の図9) に記載されているように、スーパークリーン (2段フィルタ使用) の場合は、実際の軸受寿命 L_{10} がJISの計算寿命の約20倍となり、マイルドコンタミネーションの場合に、JISの計算寿命程度で、更に、シビアコンタミネーションの場合は、JISの計算寿命の約1/7～1/25となり、バラツキが非常に大きいことが報告されている。このため、実際の転がり軸受の寿命予測を行うのは非常に困難であり、正確寿命予測を行うことができない。

【0008】

また、古村、村上、阿部らの報告 (ASTM STP 1195, J, J.C. Ho, Ed., 1993, p199～210) に記載されているように、材料の清浄度の違いによって、転がり疲労限界を表す指標としてバタフライの発生限界が異なり、材料S (NSK標準材料) の発生限界が接触面圧 = 1850 MPa に対して、清浄度の劣る材料Lのバタフライ発生限界は、1100 MPa となっている。従って、通常の軸受材料に関して、安全側に考えるとクリーンな潤滑下で、且つ理想的な状態で使用される場合の接触面圧が1500 MPa 以下では、応力繰返し数が 10^{11} サイクルに至っても剥離を生じないときの、動等価荷重を疲労限度荷重 P_u と考えることができる。

【0009】

さらに、日本トライボロジー会議予稿集 (大阪 1997-11, p324～326) に記載されているように、潤滑条件を表す指標として、油膜パラメータ Λ [$= h_{\min} / \sqrt{(h_{r1}^2 - h_{r2}^2)}$ h_{r1}, h_{r2} : 接触2面の二乗平均粗さ、 h_{\min} : EHL油膜の最小厚さ] が小さい場合 (例えば $\Lambda < 3$)、油膜が十分ある場合の寿命と比較して1/10程度に低下する場合と低下しない場合などがあり、この潤滑状態を表す指標として油膜パラメータ Λ ではなく、他のパラメータとして表記する必要がある。

【0010】

そこで、本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、入力条件を簡略化しながら高精度の転がり軸受寿命を予測を行うことができる転がり軸受の寿命予測方法及び予測装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1に係る転がり軸受の寿命予測方法は、基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測方法において、等価荷重を P 、荷重指数を p 、潤滑剤の粘度比を κ 、汚染度係数を a_C 、疲労限度荷重を P_u 、寿命補正係数を a_{NSK} としたときに、ある信頼度係数 a_1 における転がり軸受の定格補正寿命 L_A を、

$$L_A = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot (C/P)^p$$

$$a_{NSK} \propto f \{ F(\kappa), \{ (P - P_u) / C \} \cdot 1 / a_C \}$$

で算出するようにしたことを特徴としている。

【0012】

ここで、定格補正寿命 L_A を上式で算出する理由は、次の通りである。

転がり軸受の寿命計算式の起源となっているのは、1947年に、Lundberg, G と Palmgren, A とが「Dynamic Capacity of Rolling bearings」として、Acta Polytechnica, Mechanical Engineering of Basic Engineering, 82, pp309~320 に発表されているように、下記(3)式が基本の考え方となっている。

【0013】

【数1】

$$\ln \frac{1}{S} \propto \frac{\tau_0^c \cdot N^c \cdot V}{z_0^h} \quad \dots\dots\dots (3)$$

【0014】

ここで、 S は残存率、 τ_0 は最大せん断応力、 z_0 は τ_0 の発生する深さ、 N は剥離に至る応力繰返し数、 V は応力体積（応力我作用する接触面下の体積）

、 c 、 h 、 e は定数である。

また、上記(3)式を発展させた考え方として、転がり軸受の寿命計算式において、疲労限度荷重の考えを導入したのは、Ioannidis, E と Harris, Tらであり、「A New fatigue life model for rolling bearings」として、ASME transactions, Journal of Tribology, Vol.107, pp367~378 にて、下記(4)式のように報告している。

【0015】

【数2】

$$\ln \frac{1}{S} \propto N^e \int \frac{(\tau - \tau_u)^c}{z_0^h} V \quad \dots\dots\dots (4)$$

【0016】

ここで、 τ_u とは、軸受材料の清浄度、熱処理に関連した疲労限界せん断応力を表している。

しかしながら、上記式(4)は、軸受の剥離寿命の考え方として、内部起点の考えを踏襲しているため、表面起点型剥離の形態を考慮した式とは不十分といった課題があり、本発明では、表面起点型剥離の形態を表す式として、潤滑環境として新たに、汚染度係数 a_c と潤滑パラメータ a_L を組み込んだ下記式(5)を考えたものである。

【0017】

【数3】

$$\ln \frac{1}{S} \propto N^e \int \frac{(\tau - \tau_u)^c}{z_0^h} V \times \left[\frac{1}{f(a_c, a_L)} - 1 \right] \quad \dots\dots (5)$$

【0018】

したがって、本発明の転がり軸受の寿命を正確に予測するために、内部起点型剥離を表す式(4)と、表面起点型剥離を表す式(5)とを組み合わせた式として下記(6)式を考えた。

【0019】

【数 4】

$$1/n \frac{1}{S} \propto N^{\circ} \int \frac{(\tau - \tau_u)^{\circ}}{z_0^h} V \times \left(\frac{1}{f(a_c, a_L)} \right) \dots\dots (6)$$

【0020】

この(6)式を展開すると、軸受寿命を正確に予測できる式として、

$$L_A = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot (C/P)^P \dots\dots\dots (7)$$

$$a_{NSK} \propto f[F(\kappa), \{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C] \dots\dots\dots (8)$$

が得られ、寿命補正係数 a_{NSK} が、潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C$ の関数となることを知見した。

【0021】

また、請求項2に係る転がり軸受の寿命予測方法は、請求項1に係る発明において、前記汚染度係数 a_C が、鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度として材料係数 a_m を適用して、

$$a_C = g(a_m, a_C)$$

で算出するようにしたことを特徴としている。

【0022】

この請求項2に係る発明では、汚染度係数 a_C を鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度として材料係数 a_m を適用し、この材料係数 a_m を考慮して汚染度係数を算出することにより、より正確な汚染度係数 a_C を求めることができる。

さらに、請求項3に係る転がり軸受の寿命予測方法は、請求項1又は2に係る発明において、前記寿命補正係数 a_{NSK} が、粘度比 κ の関数 $F(\kappa)$ を潤滑パラメータ a_L として設定し、この潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C$ とに基づいて算出されることを特徴としている。

【0023】

この請求項3に係る発明では、寿命補正係数 a_{NSK} を潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータとに基づいて算出するので、表面起点型剥離の形態を考慮した寿命補正係数 a_{NSK} を算出することができる。

さらにまた、請求項4に係る転がり軸受の寿命予測装置は、基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測装置において、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算する動等価荷重演算手段と、信頼度係数を設定する信頼度設定手段と、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算する潤滑パラメータ演算手段と、汚染度を設定する汚染度設定手段と、疲労限度荷重を演算する疲労限度荷重演算手段と、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定する荷重パラメータ決定手段と、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定する寿命補正係数設定手段と、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算する軸受寿命演算手段とを備えていることを特徴としている。

【0024】

この請求項4に係る発明では、諸元情報入力手段で、諸元情報を入力すると共に、信頼度設定手段で信頼度係数 a_1 を設定し、且つ汚染度設定手段で汚染度を設定することにより、潤滑パラメータ演算手段で、潤滑パラメータ $a_L (= F(\kappa))$ を演算し、疲労限度荷重演算手段で疲労限度荷重を演算し、さらに荷重パラメータ決定手段で荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を演算することにより、寿命補正係数設定手段で、前記(8)式の演算を行って寿命補正係数 a_{NSK} を設定し、この寿命補正係数 a_{NSK} 、信頼度係数 a_1 、基本動定格荷重 C 、動等価荷重 P 、疲労限度荷重 P_u 、荷重指数 p に基づいて前記(7)式の演算を行って軸受寿命 L_A を算出する。

【0025】

なおさらに、請求項5に係る転がり軸受の寿命予測装置は、基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測装置において、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算する動等価荷重演

算手段と、信頼度係数を設定する信頼度設定手段と、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算する潤滑パラメータ演算手段と、汚染度を設定する汚染度設定手段と、疲労限度荷重を演算する疲労限度荷重演算手段と、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定する荷重パラメータ決定手段と、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定する寿命補正係数設定手段と、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算する軸受寿命演算手段と、該軸受寿命演算手段の演算結果が所望寿命に該当しないときに当該所望寿命が一致させる再演算が必要であるか否かを判定する再演算判定手段とを備えていることを特徴としている。

【 0 0 2 6 】

この請求項 5 に係る発明では、前述した請求項 4 に係る発明の作用に加えて、軸受寿命演算手段の演算結果が所望寿命に該当しないときに、再演算判定手段で、所望寿命を満足する為に再計算が必要であるか否かを判定し、再計算が必要である場合には、転がり軸受の名番を大きい方に変更するか、汚染度の低い材料に変更するか、潤滑剤の粘度を高くするかのを何れかを選択することにより、再計算を行って、所望寿命を満足する転がり軸受を決定する。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 6 に係る転がり軸受の寿命予測装置は、請求項 4 又は 5 に係る発明において、前記汚染度設定手段が、鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度としての材料係数を考慮した汚染度係数を設定するように構成されていることを特徴としている。

この請求項 6 に係る発明では、前述した請求項 2 と同様に鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度としての材料係数 a_m を考慮して汚染度係数を算出することにより、より正確な汚染度係数 a_c を求めることができる。

【 0 0 2 8 】

さらに、請求項 7 に係る転がり軸受の寿命予測装置は、請求項 4 乃至 6 の何れかの発明において、前記潤滑パラメータ演算手段は、使用潤滑剤の運転動粘度 ν

と軸受平均直径 d_m と、軸受回転数 N とから運転温度における使用潤滑剤の動粘度 ν 及び運転温度における必要粘度 ν_1 の比である粘度比 κ を演算するように構成されていることを特徴としている。

【0029】

この請求項7に係る発明では、潤滑パラメータとして使用潤滑剤の動粘度 ν 及び運転温度における必要粘度 ν_1 の比である粘度比 κ を適用することにより、転がり軸受の運転状態における油膜厚さを考慮することができ、粘度比 κ が大きくなると潤滑状態が良好となって軸受寿命が向上し、粘度比 κ が小さくなると潤滑状態が悪くなり軸受寿命が低下する。

【0030】

さらにまた、請求項8に係る転がり軸受の寿命予測装置は、請求項4乃至7の何れかに係る発明において、前記寿命補正係数演算手段は、荷重パラメータ及び潤滑パラメータをもとに、当該値と寿命補正係数との関係を潤滑パラメータをパラメータとして表す寿命補正係数算出マップを参照して、寿命補正係数を算出するように構成されていることを特徴としている。

【0031】

この請求項8に係る発明では、荷重パラメータ及び潤滑パラメータをもとに、予め記憶した寿命補正係数算出マップを参照することにより、寿命補正係数を容易に算出することができる。

さらに、請求項9に係る転がり軸受の寿命予測装置は、請求項4乃至8の何れかに係る発明において、前記軸受寿命演算手段で算出した軸受寿命を提示する提示手段を備えることを特徴としている。

【0032】

この請求項9に係る発明では、軸受寿命演算手段で算出したユーザー仕様における転がり軸受の寿命予測の提示を行うことによって、ユーザーはこれを容易に認識することができる。例えば、横軸パラメータとして、軸受サイズ、軸受荷重、回転数、潤滑剤の種類、汚染度、使用温度、材料の種類、信頼度係数を設定し、縦軸に、軸受寿命値としたパラメトリック表示を行うようにしてもよく、また、これに基づいて最適と考える軸受名番、また、ユーザーに最適な使用条件をバ

ラメトリックに図や表にて提示するようにしてもよい。

【0033】

なおさらに、請求項10に係る寿命予測プログラムを格納した記憶媒体は、基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測プログラムを格納した記憶媒体であって、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力するステップと、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算するステップと、信頼度係数を設定するステップと、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算するステップと、汚染度を設定するステップと、疲労限度荷重を演算するステップと、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定するステップと、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定するステップと、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算するステップを含むことを特徴としている。

【0034】

また、請求項11に係る寿命予測プログラムを格納した記憶媒体は、基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測プログラムを格納した記憶媒体であって、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重 C 及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力するステップと、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算するステップと、信頼度係数を設定するステップと、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算するステップと、汚染度を設定するステップと、疲労限度荷重を演算するステップと、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定するステップと、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定するステップと、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算するステップと、該軸受寿命の演算結果が所望寿命に該当しないときに当該所望寿命が一致させる再演算が必要であるか否かを判定するステップとを含むことを特徴としている。

【0035】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の一例を図面を伴って説明する。

図1は本発明の一実施形態を示す概略構成図であって、図中、1はパーソナルコンピュータであって、コンピュータ本体2と、これに接続された液晶又はCRTで構成されるディスプレイ3、キーボード4及びマウス5と、コンピュータ本体2に接続されたプリンタ6とを備えている。

【0036】

そして、コンピュータ本体2の内部回路は、図2に示すように、中央演算処理装置11と、この中央演算処理装置11にシステムバス12を介して接続されたROM、RAM等の記憶装置13と、ディスプレイ3をシステムバス12に接続するディスプレイコントローラ14と、キーボード4をシステムバス12に接続するキーボードインタフェース15と、マウス5をシステムバス12に接続するマウスインタフェース16と、プリンタ6をシステムバス12に接続する入出力インタフェース17と、システムバス12にハードディスクコントローラ18を介して接続されたハードディスク19とを備えている。

【0037】

ここで、ハードディスク19には、オペレーティングシステムが格納されていると共に、転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測アプリケーションソフト及び転がり軸受の諸元情報を格納した電子カタログが格納されている。

ここで、電子カタログは、図7に示すように、軸受種別、呼び番号、主要寸法、基本動定格荷重 C 、基本静定格荷重 C_0 、係数 f_0 、許容回転数、ラジアル荷重係数 X 、スラスト荷重係数 Y 等の諸元情報が格納されている。

【0038】

また、寿命予測アプリケーションソフトは、表計算アプリケーションソフトを利用して、入力された諸元情報に基づいて所定の演算を行って、転がり軸受の寿命予測処理を行う。

この寿命予測処理は、図3に示すように、先ず、ステップS1で、初期メニュー画面を表示する。

【0039】

この初期メニュー画面は、図4に示すように、アプリケーションソフトに格納されている機能を選択可能に表示するものであり、軸受の選定選択領域A1、新寿命計算式選択領域A2、潤滑パラメータ κ の計算選択領域A3、等価荷重の計算選択領域A4、軸受寿命計算式（従来式）選択領域A5、推奨材料選択領域A6、推奨潤滑剤選択領域A7及び商品紹介選択領域A8と終了ボタン21とが表示される。

【0040】

次いで、ステップS2に移行して、軸受の選定選択領域A1がマウス5又はキーボード4によって選択されたか否かを判定し、これが選択されたときにはステップS2aに移行して、後述する軸受選択処理を実行してから処理を終了し、軸受の選定選択領域A1が選択されていないときにはステップS3に移行する。

このステップS3では、新寿命計算式選択領域A2が選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS3aに移行して、後述する新寿命計算処理を実行してから処理を終了し、新寿命計算式選択領域A2が選択されていないときにはステップS4に移行する。

【0041】

このステップS4では、潤滑パラメータ計算選択領域A3がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS4aに移行して、後述する潤滑パラメータ計算処理を実行してから処理を終了し、潤滑パラメータ計算選択領域A3が選択されていないときにはステップS5に移行する。

【0042】

このステップS5では、等価荷重の計算選択領域A4がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS5aに移行して、後述する等価荷重計算処理を実行してから処理を終了し、等価荷重の計算選択領域A4が選択されていないときにはステップS6に移行する。

【0043】

このステップS6では、軸受寿命計算式（従来式）選択領域A5がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS6aに移行して、前述した（1）式に従って従来式の軸受寿命 L_{10} を算出してから処理を終了し、軸受寿命計算式（従来式）選択領域A5が選択されていないときにはステップS7に移行する。

【0044】

このステップS7では、推奨材料選択領域A6がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS7aに移行して、予めハードディスク19に格納された推奨材料選択リストをディスプレイ3に表示して、この選択リストから軸受の推奨材料を選択する推奨材料選択処理を実行してから処理を終了、推奨材料選択領域A6が選択されていないときにはステップS8に移行する。

【0045】

このステップS8では、推奨潤滑剤選択領域A7がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS8aに移行して、予めハードディスク19に格納された推奨潤滑剤選択リストをディスプレイ3に表示して、この選択リストから軸受に使用する潤滑剤を選択する潤滑剤選択処理を実行してから処理を終了し、推奨潤滑剤選択領域A7が選択されていないときにはステップS9に移行する。

【0046】

このステップS9では、商品紹介選択領域A8がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときには、ステップS9aに移行して、予めハードディスク19に格納されている商品紹介情報をディスプレイ3に表示する商品紹介処理を実行してから処理を終了し、商品紹介選択領域A8が選択されていないときにはステップS10に移行する。

【0047】

このステップS10では、終了ボタン21がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、終了ボタン21が選択されたときにはそのまま寿命予測処理を終了し、終了ボタン21が選択されていないときには前記ステ

ップ S 2 に戻る。

ステップ S 2 a の軸受選択処理は、図 5 に示すように、先ず、ステップ S 1 1 で図 6 に示す軸受の選定画面をディスプレイ 3 に表示する。

【 0 0 4 8 】

この選択画面は、図 6 に示すように、軸受テーブルから検索する検索領域 2 2 と呼び番号から検索する検索領域 2 3 と、入力された転がり軸受の諸元情報を表示するメニューボタン 2 4 及び終了ボタン 2 5 とが表示されている。検索領域 2 2 には、内径 d、外径 D 及び幅（高さ）B（T）の最小値及び最大値を入力するテキスト入力領域 2 2 a ～ 2 2 c と、軸受種別を選択する深溝玉軸受選択ボタン 2 2 d、アンギュラ玉軸受選択ボタン 2 2 e、自動調心玉軸受選択ボタン 2 2 f、単式スラスト玉軸受選択ボタン 2 2 g、円筒ころ軸受選択ボタン 2 2 h、円すいころ軸受選択ボタン 2 2 i、自動調心ころ軸受選択ボタン 2 2 j、スラストころ軸受選択ボタン 2 2 k とが表示される。また、検索領域 2 3 には、呼び番号を入力するテキスト入力ボックス 2 3 a と、呼び番号一覧を表示する参照ボタン 2 3 b とが表示される。

【 0 0 4 9 】

次いで、ステップ S 1 2 に移行して、軸受テーブルから検索する場合の内径 d、外径 D 及び幅（高さ）B（T）の入力が完了し且つ軸受形式の選択が終了しているか又は呼び番号から検索する場合の呼び番号の入力が終了しているかを判定し、これらの何れかが終了していないときには入力が終了するまで待機し、入力が終了したときにはステップ S 1 3 に移行して、軸受テーブルからの検索であるか否かを判定し、軸受テーブルからの検索である場合にはステップ S 1 4 に移行して、内径 d、外径 D 及び幅（高さ）B（T）及び軸受形式に基づいて電子カタログを検索して該当する諸元情報を表示する図 7 に示す軸受テーブル画面を表示してからステップ S 1 6 に移行し、呼び番号から検索が選択されている場合にはステップ S 1 5 に移行して、テキスト入力ボックス 2 3 a に入力された呼び番号に基づいて電子カタログを検索して該当する諸元情報を表示する図 7 に示す軸受テーブル画面を表示してからステップ S 1 6 に移行する。

【 0 0 5 0 】

ここで、軸受テーブル画面は、図7に示すように、電子カタログの該当する諸元情報を表示する諸元情報表示領域31と、従来式寿命計算ボタン32、本発明による新寿命計算ボタン33、動等価荷重計算ボタン34、戻るボタン35、メニューボタン36及び終了ボタン37とが表示される。

ステップS16では、所望の呼び番号を選択した後に従来式寿命計算ボタン32が選択されたか否かを判定し、従来式寿命計算ボタン32が選択されたときには、ステップS16aに移行して、前述した(1)式の演算を行って基本定格寿命 L_{10} を算出する従来式寿命算出処理を行ってから処理を終了し、従来式寿命計算ボタン32が選択されていないときにはステップS17に移行する。

【0051】

このステップS17では、所望の呼び番号を選択した後に新寿命計算ボタン33が選択されたか否かを判定し、新寿命計算ボタン33が選択されたときにはステップS17bに移行して、後述する新寿命計算処理を行ってから処理を終了し、新寿命計算ボタン33が選択されていないときにはステップS18に移行する。

【0052】

このステップS18では、所望の呼び番号を選択した後に動等価荷重計算ボタン34が選択されたか否かを判定し、動等価荷重計算ボタン34が選択されたときにはステップS18aに移行して、後述する動等価荷重計算処理を行ってから処理を終了し、動等価荷重計算ボタン34が選択されていないときにはステップS19に移行する。

【0053】

このステップS19では、メニューボタン36が選択されているか否かを判定し、メニューボタン36が選択されているときにはステップS19aに移行して、図3の初期メニュー表示処理を起動してから処理を終了し、メニューボタン36が選択されていないときには、ステップS20に移行する。

このステップS20では、終了ボタン37が選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはそのまま寿命計算処理を終了し、終了ボタン37が選択されていないときにはステップS21に移行して、戻るボタン35が選択

されているか否かを判定し、これが選択されているときには前記ステップ S 1 1 に戻り、戻るボタン 3 5 が選択されていないときには前記ステップ S 1 6 に戻る。

【0054】

前記ステップ S 3 a 及び S 1 7 a の新寿命計算処理は、図 8 に示すように、先ず、ステップ S 3 1 で、図 9 に示す新寿命計算画面を表示する。

この新寿命計算画面は、所定項目を表示する表示領域 4 1 と、この表示領域 4 1 の下側に配設された計算実行ボタン 4 2、読み込みボタン 4 3、保存ボタン 4 4、初期化ボタン 4 5、戻るボタン 4 6、メニューボタン 4 7 とが設けられている。

【0055】

ここで、表示領域 4 1 には、表題部に前記 (7) 式の寿命計算式を表示すると共に、軸受タイプを選択するコンボボックス 5 1、呼び番号を入力するテキストボックス 5 2、軸受動定格荷重 C を入力するテキストボックス 5 3、軸受静定格荷重 C_0 を入力するテキストボックス 5 4、軸受内径 d を入力するテキストボックス 5 5、軸受外径 D を入力するテキストボックス 5 6、軸受動等価荷重 P を表示するテキストボックス 5 7、荷重係数 f_W を入力するテキストボックス 5 8、信頼度係数 a_1 を選択するコンボボックス 5 9、動等価荷重の計算を指示する動等価荷重計算ボタン 6 0、回転数を入力するテキストボックス 6 1、潤滑剤を選択するコンボボックス 6 2、運転粘度 ν を表示するテキストボックス 6 3、運転粘度の計算を指示する運転粘度計算ボタン 6 4、汚染度係数 a_C を選択するコンボボックス 6 5、汚染度係数 a_C を表示するテキストボックス 6 6、軸受材料仕様を選択するコンボボックス 6 7 及び疲労限度荷重 P_u の特別入力の有無を選択するセレクトボタン 6 8 を備えている。そして、荷重係数 f_W のテキストボックス 5 8 には“1. 0”が、信頼度係数 a_1 のコンボボックス 5 9 には“90”が、汚染度係数 a_C のコンボボックス 6 5 には“普通 ($a_C = 0. 5$)”が、汚染度係数 a_C のテキストボックス 6 6 には“0. 5”が、軸受材料仕様のコンボボックス 6 7 には“高炭素クロム軸受鋼 (S U J 2 Z, S U J 3 Z)”がデフォルト値として表示されている。

【0056】

次いで、ステップS32に移行して、読み込みボタン43が選択されているか否かを判定し、これが選択されていないときには直接ステップS38に移行し、読み込みボタン43が選択されているときにはステップS33に移行して、コンボボックス51、テキストボックス52の順に図7の軸受テーブルで選択された呼び番号の転がり軸受の諸元情報が順次表示され、テキストボックス56に軸受外径Dを表示すると、ステップS34に移行して、図10に示す荷重定数の定義文を表示した表示領域61及び閉じるボタン62を有する荷重係数の定義画面を表示し、次いでステップS35に移行して、閉じるボタン62が選択されたか否かを判定し、これが選択されていないときには選択されるまで待機し、選択されたときにはステップS36に移行する。

【0057】

このステップS36では、図11に示す信頼度係数についての文を表示した表示領域63及び閉じるボタン64を有する信頼度係数説明画面を表示してからステップS37に移行し、閉じるボタン64が選択されたか否かを判定し、これが選択されていないときには選択されるまで待機し、閉じるボタン64が選択されたときにはステップS38に移行する。

【0058】

このステップS38では、動等価荷重計算ボタン60が選択されたか否かを判定し、これが選択されたときにはステップS39に移行して、後述する動等価荷重計算処理を行ってからステップS42に移行し、動等価荷重計算ボタン60が選択されていないときにはステップS40に移行して、運転粘度計算ボタン64が選択されているか否かを判定し、運転粘度計算ボタン64が選択されているときにはステップS41に移行して、後述する運転粘度計算処理を実行してからステップS42に移行する。

【0059】

このステップS42では、計算実行ボタン42が選択されているか否かを判定し、計算実行ボタン42が選択されているときには、ステップS43に移行して、動等価荷重P及び必要運転粘度 ν の算出が終了しているか否かを判定し、これ

らが終了していないときにはステップS44に移行して、動等価荷重P及び運転粘度 ν の算出を先に完了させることを促すメッセージ情報を表示してから前記ステップS38に戻り、動等価荷重P及び運転粘度 ν の算出が終了しているときにはステップS45に移行して、前述した(7)式の演算を行って転がり軸受寿命 L_A を算出する寿命算出処理を行ってから処理を終了し、ステップS42の判定結果が計算実行ボタン42が選択されていないときには、ステップS46に移行して、保存ボタン44が選択されているか否かを判定し、保存ボタン44が選択されているときにはステップS47に移行して、この時点で各ボックス51～59、61～63及び65～67に表示されているデータを保存してから前記ステップS42に戻り、保存ボタン44が選択されていないときには、ステップS48に移行する。

【0060】

このステップS48では、初期化ボタン45が選択されているか否かを判定し、初期化ボタン45が選択されているときにはステップS49に移行して、表示されているデータを消去してから前記ステップS32に戻り、初期化ボタン45が選択されていないときにはステップS50に移行して、戻るボタン46が選択されているか否かを判定し、戻るボタン46が選択されているときには前記図5の軸受選択処理におけるステップS13に戻り、戻るボタン46が選択されていないときにはステップS51に移行して、メニューボタン47が選択されたか否かを判定し、メニューボタン47が選択されたときにはステップS52に移行して、図3の初期メニュー表示処理を起動してから処理を終了し、メニューボタン47が選択されていないときには前記ステップS38に戻る。

【0061】

前記ステップS5a、S18aの動等価荷重算出処理は、図12に示すように、先ず、ステップS51で、図13に示す動等価荷重計算画面を表示する。

この動等価荷重計算画面は、所定項目を表示する表示領域71と、この表示領域71の下側に表示された計算実行ボタン72、結果反映ボタン73、戻るボタン74及びメニューボタン75とを備えている。

【0062】

表示領域 71 には、軸受タイプを選択表示するコンボボックス 76、呼び番号を表示するテキストボックス 77、使用条件のラジアル荷重 F_r を入力するテキストボックス 78、アキシャル荷重 F_a を入力するテキストボックス 79、回転数を入力するテキストボックス 80、使用条件比率を入力するテキストボックス 81、追加入力ボタン 82、動等価荷重 P を表示するテキストボックス 83 及び平均回転数 N を表示するテキストボックス 84 を備えている。

【0063】

次いで、ステップ S62 に移行して、計算実行ボタン 72 が選択されたか否かを判定し、計算実行ボタン 72 が選択されたときには、ステップ S63 に移行して、テキストボックス 78 及び 79 に入力されたラジアル荷重 F_r 及びアキシャル荷重 F_a と、諸元情報で設定されたラジアル係数 X 及びアキシャル係数 Y と、図 9 の新寿命計算画面で設定した荷重係数 f_w とに基づいて下記 (9) 式の演算を行って動等価荷重 P を算出し、算出した動等価荷重 P をテキストボックス 83 に表示してからステップ S64 に移行する。

【0064】

$$P = f_w (X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \quad \dots\dots\dots (9)$$

このステップ S64 では、結果反映ボタン 73 が選択されているか否かを判定し、結果反映ボタン 73 が選択されたときには、ステップ S65 に移行して、算出した動等価荷重 P を図 9 の新寿命計算式画面における動等価荷重のテキストボックス 57 に反映してからステップ S66 に移行して、図 13 の動等価荷重計算画面を閉じて、図 9 の新寿命計算画面をアクティブ状態としてから処理を終了する。

【0065】

また、ステップ S62 で計算実行ボタン 72 が選択されていないとき及びステップ S64 で結果反映ボタン 73 が選択されていないときにはステップ S67 に移行して、戻るボタン 74 が選択されているか否かを判定し、戻るボタン 74 が選択されたときには前記ステップ S66 に移行して、前記図 9 の新寿命計算画面を再表示してから処理を終了し、戻るボタン 74 が選択されていないときにはステップ S68 に移行して、メニューボタン 75 が選択されているか否かを判定し

、メニューボタン75が選択されているときにはす69に移行して前記図3の初期メニュー表示処理を起動してから処理を終了し、メニューボタン75が選択されていないときには前記ステップS62に戻る。

【0066】

さらに、前記ステップS41の運転粘度計算処理は、図14に示すように、先ず、ステップS71で、図15に示す潤滑パラメータ計算画面を表示する。

この潤滑パラメータ計算画面は、所定項目を表示する表示領域81と、この表示領域81の下側に配設した運転粘度の計算ボタン82、必要粘度の計算ボタン83、計算結果反映ボタン84、キャンセルボタン85及びメニューボタン86とが表示される。

【0067】

ここで、表示領域81には、潤滑剤を選択表示するコンボボックス87、40℃の時の潤滑油粘度を表示するテキストボックス88、100℃の時の潤滑油粘度を表示するテキストボックス89、運転温度を入力するテキストボックス90、運転粘度 ν を入力するテキストボックス91を有する運転粘度設定領域92と、ピッチ円直径 d_m を表示するテキストボックス93、軸受回転数 N を入力するテキストボックス94、必要粘度 ν_1 を表示するテキストボックス95、軸受性能係数 A を入力するテキストボックス96、必要粘度 ν_1' を表示するテキストボックス97、潤滑パラメータ κ を表示するテキストボックス98を有する必要粘度設定領域99とを備えている。

【0068】

次いで、ステップS72に移行して、運転粘度計算ボタン82が選択されているか否かを判定し、運転粘度計算ボタン82が選択されているときにはステップS73に移行して、入力された運転温度と40℃の時の潤滑油粘度及び100℃の時の潤滑油粘度とから運転粘度 ν を算出し、算出した運転粘度 ν をテキストボックス91に表示してからステップS74に移行し、運転粘度計算ボタン82が選択されていないときには直接ステップS74に移行する。

【0069】

ステップS74では、必要粘度計算ボタン83が選択されているか否かを判定

し、必要粘度計算ボタン 8 3 が選択されているときには、ステップ S 7 5 に移行して、図 1 6 に示す潤滑パラメータの説明画面を表示する。

この潤滑パラメータの説明画面では、潤滑パラメータとして粘度比 κ ($=\nu/\nu_1'$) を算出することと、運転温度における必要粘度 ν_1 に軸受性能係数 A を乗じて補正必要粘度 ν_1' を算出することが表示領域 1 1 0 に記載されていると共に、表示領域 1 1 0 の下側に閉じるボタン 1 1 1 が表示されている。ここで、軸受性能係数 A については通常は $A = 1.0$ に設定するが、軸受性能（真円度、粗さなど）が良好な場合は $A < 1.0$ と設定する。

【0070】

次いで、ステップ S 7 6 に移行して、閉じるボタン 1 1 1 が選択されているか否かを判定し、閉じるボタン 1 1 1 が選択されていないときにはこれが選択されるまで待機し、閉じるボタン 1 1 1 が選択されたときにはステップ S 7 7 に移行する。

このステップ S 7 7 では、必要粘度 ν_1 を算出するために必要なピッチ円直径 d_m 、軸受回転数 N 、軸受性能係数 A 及び運転粘度 ν が入力されているか否かを判定し、これが入力されていないときにはステップ S 7 8 に移行して、入力されていないピッチ円直径 d_m 、軸受回転数、軸受性能係数 A 及び／又は運転粘度 ν の入力を促すメッセージ情報を表示してから前記ステップ S 7 7 に戻り、ピッチ円直径 d_m 、軸受回転数 N 、軸受性能係数 A 及び運転粘度 ν が入力されているときには直接ステップ S 7 9 に移行する。

【0071】

このステップ S 7 9 では、軸受回転数 N が 1000 min^{-1} 以下であるか否かを判定し、 $N \leq 1000 \text{ min}^{-1}$ であるときには、ステップ S 8 0 に移行して、係数 K を下記 (10) 式に基づいて算出してからステップ S 8 2 に移行する。

$$K = (1000/N)^{1/3} \quad \dots\dots\dots (10)$$

また、ステップ S 7 9 の判定結果が $N > 1000 \text{ min}^{-1}$ であるときにはステップ S 8 1 に移行して、係数 K を“1”に設定してからステップ S 8 2 に移行する。

【0072】

ステップS82では、下記(11)式の演算を行って必要粘度 ν_1 を算出すると共に、算出した必要粘度 ν_1 をテキストボックス95に表示する。

$$\nu_1 = K \cdot 4500 / \sqrt{N \cdot d m} \quad \dots\dots\dots (11)$$

次いで、ステップS83に移行して、下記(12)式に従って補正必要粘度 ν_1' を算出し、算出した補正必要粘度 ν_1' をテキストボックス97に表示してからステップS84に移行する。

【0073】

$$\nu_1' = A \cdot \nu_1 \quad \dots\dots\dots (12)$$

次いで、ステップS84に移行して、下記(13)式に基づいて粘度比となる潤滑パラメータ κ を算出すると共に、算出した潤滑パラメータ κ をテキストボックス98に表示してから処理を終了する。

$$\kappa = \nu / \nu_1' \quad \dots\dots\dots (13)$$

また、前記ステップS74の判定結果が必要粘度計算ボタン83が選択されていないものであるときには、ステップS85に移行して、計算結果反映ボタン84が選択されているか否かを判定し、計算結果反映ボタン84が選択されたときにはステップS86に移行して、潤滑パラメータ κ の演算が終了しているか否かを判定し、潤滑パラメータ κ の演算が終了していないときにはステップS87に移行して、潤滑パラメータ κ の演算を促すメッセージ情報を表示してから前記ステップS85に戻り、潤滑パラメータ κ の演算が終了しているときにはステップS88に移行して、潤滑パラメータ κ を新寿命計算画面に反映させてから処理を終了する。

【0074】

さらに、ステップS85の判定結果が計算結果反映ボタン84が選択されていないものであるときには、ステップS89に移行して、キャンセルボタン89が選択されているか否かを判定し、キャンセルボタン89が選択されているときには、ステップS90に移行して、テキストボックス88～98のうち選択されたテキストボックスのデータを消去してからステップS91に移行し、キャンセルボタン89が選択されていないときには直接ステップS91に移行する。

【0075】

このステップS91では、メニューボタン90が選択されているか否かを判定し、メニューボタン90が選択されているときにはステップS92に移行して、前述した図3の初期メニュー表示処理を起動してから処理を終了する。

さらに、図7の新寿命計算処理におけるステップS45の軸受寿命算出処理は、図17及び図18に示すように、先ず、ステップS101で、図9に示す新寿命計算画面を表示し、次いでステップS92に移行して、図19に示す汚染度係数定義画面を表示する。この汚染度係数定義画面は、下記表2に示す使用環境に応じた材料係数を考慮して汚染度係数 a_c を決定する表を表示する表示領域121と、この表示領域121の下側に配設された閉じるボタン122とが表示されている。

【0076】

【表2】

	極めて清浄	清浄	普通	汚染	重汚染
a_c	1	0.8	0.5	0.4 ~ 0.1	0.05
適用の 目安	10 μ m未満 フィルター管理	10~30 μ m フィルター管理	30~100 μ m フィルター管理	100 μ mを越える フィルター又は フィルター管理なし（油 浴、環給油タイプ 等）	フィルター 無し 多量の 粉塵混入
アплика- ション例	・ 電機情報 用密封グ リス軸受等	・ 電動機用 密封グリス 軸受 ・ 鉄道車両 用密封グ リス軸受 ・ 工作機械 用密封グ リス軸受 等	・ 通常使用 ・ オフタイプグ リス軸受 等	・ 自動車トランスミ ッション用 ・ 自動車ハブ用 ・ 減速機用 ・ 土木建設機械 用 等	

【0077】

次いで、ステップS103に移行して、閉じるボタン122が選択されているか否かを判定し、閉じるボタン122が選択されていないときには閉じるボタン122が選択されるまで待機し、閉じるボタン122が選択されたときにはステップS104に移行して、転動体径 D_a 、軸受列数 i 、転動体荷重 Q 、軸受接触角 α 、物体1の主曲率 ρ_{11} 、 ρ_{12} 、ころ接触長さ L_{We} 、物体2の主曲率 ρ_{21} 、 ρ

ρ_{22} を読み、次いでステップS105に移行して、軸受形式が玉軸受であるかころ軸受であるかを判定し、ころ軸受であるときにはステップS106に移行して、物体1の主曲率 $\rho_{11} = \rho_{21} = 0$ に設定してからステップS107に移行し、玉軸受であるときにはそのままステップS107に移行する。

【0078】

このステップS107では、下記(14)式によって主曲率の和 $\Sigma \rho$ を算出すると共に、下記(15)式によって $\cos \tau$ を算出する。

$$\Sigma \rho = \rho_{11} + \rho_{12} + \rho_{21} + \rho_{22} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\cos \tau = (|\rho_{11} - \rho_{12} + \rho_{21} - \rho_{22}|) / \Sigma \rho \quad \dots\dots\dots (15)$$

次いで、ステップS108に移行して、算出した $\cos \tau$ に基づいて予め記憶された記憶テーブルを参照して、摩擦係数 μ 及び粘度 ν を算出し、次いでステップS109に移行して、軸受形式が玉軸受であるかころ軸受であるかを判定し、玉軸受であるときにはステップS110に移行して、下記(16)式の演算を行って疲労限度荷重 P_u を演算してからステップS112に移行する。

【0079】

$$P_u = (Z/5) \{ \mu \cdot \nu \cdot P_{\max} / A \cdot (\Sigma \rho)^{2/3} \} \quad \dots\dots\dots (16)$$

但し、 $P_{\max} = 1.5 \text{ GPa}$ 、 $A = 858 \text{ N}$ である。

また、ステップS109の判定結果がころ軸受であるときにはステップS111に移行して、下記(17)式の演算を行って疲労厳と荷重 P_u を演算してからステップS112に移行する。

【0080】

$$P_u = (i \cdot Z \cos \alpha / 4.6) (P_{\max} / A_1) (L_{We} / \Sigma \rho)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (17)$$

但し、 $P_{\max} = 1.5 \text{ GPa}$ 、 $A_1 = 191 \text{ N}$ である。

ステップS112では、 $(P - P_u) / C$ の値を演算し、次いでステップS113に移行して、 $(P - P_u) / C$ が $0.05 \leq (P - P_u) / C \leq 10$ であるか否かを判定し、 $(P - P_u) / C < 0.05$ であるときにはステップS114に移行して、 $(P - P_u) / C = 0.05$ に設定してからステップS116に移行し、 $0.05 \leq (P - P_u) / C \leq 10$ であるときにはそのままステップS1

16に移行し、 $(P - P_u) / C > 10$ であるときにはステップS115に移行して、 $(P - P_u) / C = 10$ に設定してからステップS116に移行する。

【0081】

このステップS116では、 $(P - P_u) / C$ に $1 / a_C$ を乗算して荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を算出し、次いで図18のステップS117に移行して算出した荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ が $0.05 \leq \{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C \leq 10$ であるか否かを判定し、 $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C < 0.05$ であるときにはステップS118に移行して、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C = 0.05$ に設定してからステップS120に移行し、 $0.05 \leq \{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C \leq 10$ であるときにはそのままステップS120に移行し、 $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C > 10$ であるときにはステップS119に移行して、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C = 10$ に設定してからステップS120に移行する。

【0082】

ステップS120では、潤滑パラメータ κ が $0.1 \leq \kappa \leq 4$ であるか否かを判定し、 $\kappa < 0.1$ であるときにはステップS121に移行して、 $\kappa = 0.1$ に設定してからステップS123に移行し、 $\kappa > 4$ であるときにはステップS122に移行して、 $\kappa = 4$ に選定してからステップS123に移行し、 $0.1 \leq \kappa \leq 4$ であるときには直接ステップS123に移行する。

【0083】

なお、汚染度係数 $a_C = 0.05$ とした場合、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ に関わらず、寿命補正係数 a_{NSK} は 0.1 に設定される。

ステップS123では、潤滑パラメータ κ 及び荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ をもとに図20に示す寿命補正係数算出用マップを参照して寿命補正係数 a_{NSK} を算出する。

【0084】

ここで、図20の寿命補正係数算出用マップは、横軸に荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を採り、縦軸に寿命補正係数 a_{NSK} を採って、潤滑パラメータ κ をパラメータとする複数の特性曲線が表され、潤滑パラメータ κ が0

・ 1であるときに荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_c$ の値にかかわらず寿命補正係数 a_{NSK} が“0. 1”に設定され、この状態から潤滑パラメータ κ の値が大きくなると荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_c$ の値が小さくなるにつれて寿命補正係数 a_{NSK} の変化率が徐々に増加するように湾曲する特性曲線となり、この特性曲線の曲率が潤滑パラメータ κ が大きくなる程小さくなるように設定されている。

【0085】

次いで、ステップS124に移行して、算出された寿命補正係数 a_{NSK} が50以下であるか否かを判定し、 $a_{NSK} > 50$ であるときにはステップS125に移行して、 $a_{NSK} = 50$ に設定してからステップS126に移行し、 $a_{NSK} \leq 50$ であるときにはそのままステップS126に移行する。

このステップS126では、前述した(7)式の演算を行って、転がり軸受寿命 L_A を算出し、次いでステップS127に移行して、算出した転がり軸受寿命 L_A が20万時間以下であるか否かを判定し、 $L_A > 200000 \text{ Hr}$ であるときにはステップS128に移行して、 $L_A = 200000 \text{ Hr}$ 以上に設定してからステップS129に移行し、 $L_A \leq 200000 \text{ Hr}$ であるときにはそのままステップS129に移行する。

【0086】

このステップS129では、決定された軸受寿命 L_A を図21に示す結果出力画面に表示する。

ここで、結果出力画面は、所定項目を表示する表示領域131と、この表示領域131の下側に配設された印刷ボタン132、戻るボタン133、メニューボタン134を備えている。表示領域131には、軸受タイプを表示するテキストボックス135、呼び番号を表示するテキストボックス136、軸受動定格荷重を表示するテキストボックス137、軸受静定格荷重を表示するテキストボックス138、軸受動等価荷重を表示するテキストボックス139、回転数を表示するテキストボックス140、粘度比 κ を表示するテキストボックス141、汚染度係数 a_c を表示するテキストボックス142、信頼度係数 a_1 を表示するテキストボックス143、補正寿命係数 a_{NSK} を表示するテキストボックス144、

従来寿命 L_{10} を表示するテキストボックス 145 及び転がり軸受寿命 L_A を表示するテキストボックス 146 を備えている。

【0087】

次いで、ステップ S130 に移行して、設定された転がり軸受寿命 L_A がユーザーが設定した所望寿命 L_U 以下であるか否かを判定し、 $L_A \geq L_U$ であるときにはユーザーの所望とする所望寿命 L_U を満足しているものと判断してステップ S131 に移行し、疲労限度荷重を考慮することによる利点を記載した図 22 に示す説明画面を表示する。

【0088】

この説明画面は、疲労限度荷重を考慮することによる利点を表示する表示領域 151 と、その下側に配設された閉じるボタン 152 とが表示されている。

表示領域 151 には、「従来例で説明した転がり軸受計算式では、疲労限度の考えが盛り込まれていないが、本出願人の耐久試験では、クリーンで低荷重の使用環境下では従来の計算寿命式の 50 倍を超え、20 年上もフレーキング無しで運転中の軸受がある。また、工作機械用軸受においても、温度上昇を抑制し、且つ比較的クリーンで低荷重の使用環境下では、従来の寿命計算式の 80 倍の寿命を達成している実績がある。

【0089】

以上の現象は、下図に示されるように、転がり疲れ寿命に疲労限度荷重 P_u が存在することを示唆している。この疲労限度荷重 P_u は、クリーンで理想的な状態で転動体と軌道輪が接触する際に生じる最大接触面圧 $P_{\max} = 1.5 \text{ GPa}$ のときの等価荷重と定義する。」との記載と、横軸に耐久時間 L を採り、縦軸に軸受荷重 P を採った特性曲線図とが表示されている。この特性曲線図では、従来理論では特性線 L_1 で示すように、耐久時間が増加するにつれて軸受荷重が直線的に減少するが、本願発明による新寿命理論では、特性曲線 L_2 に示すように、耐久時間の増加によって徐々に変化率が小さくなって疲労限度荷重 P_u に近づく漸近線で表されている。

【0090】

また、ステップ S130 の判定結果が $L_A < L_U$ であるときにはステップ S1

32に移行して、図23に示す変更選択画面を表示する。

この変更選択画面は、呼び番号を変更して転がり軸受を大型化することを選択する選択ボタン151と、汚染度係数 a_c を大きい値に変更することを選択する選択ボタン152と、潤滑剤の粘度比 κ を高くすることを選択する選択ボタン153と、戻るボタン154とが設けられている。

【0091】

次いで、ステップS133に移行して、選択ボタン151が選択されているか否かを判定し、選択ボタン151が選択されているときには、前述した図5の軸受選択処理における前記ステップS11に戻り、選択ボタン151が選択されていないときにはステップS134に移行して、選択ボタン152が選択されているか否かを判定し、選択ボタン152が選択されているときには前述した図17の新寿命計算処理におけるステップS101に戻り、選択ボタン152が選択されていないときにはステップS135に移行して、選択ボタン153が選択されているか否かを判定し、選択ボタン153が選択されているときには前述した図14の潤滑パラメータ算出処理におけるステップS71に戻り、選択ボタン153が選択されていないときには戻るボタン154が選択されているか否かを判定し、戻るボタン154が選択されているときには前記ステップS129に戻り、戻るボタン154が選択されていないときには前記ステップS133に戻る。

【0092】

以上の処理において、図5の処理が諸元情報入力手段に対応し、図8におけるステップS36、S37の処理及び図11の信頼度説明画面が信頼度設定手段に対応し、図12の処理が動等価荷重演算手段に対応し、図14の処理が潤滑パラメータ演算手段に対応し、図17の処理におけるステップS102、S103の処理及び図19の汚染度係数定義画面が汚染度係数設定手段に対応し、図17の処理におけるステップS104～S111の処理が疲労限度荷重演算手段に対応し、図17及び図18の処理におけるステップS112～S119の処理が荷重パラメータ演算手段に対応し、図18の処理におけるステップS123～S125の処理及び図20の寿命補正係数算出用マップが寿命補正係数設定手段に対応し、図18の処理におけるステップS126～S129の処理が軸受寿命演算手

段に対応し、ステップS130、S132～S135の処理が再演算判定手段に対応している。

【0093】

したがって、今、例えば呼び番号が「6206」の深溝玉軸受の寿命を予測するものとする、と、まず、コンピュータ本体2の電源を投入して、オペレーティングシステムを起動し、次いで寿命予測アプリケーションソフトを起動する。

これにより、図3に示す転がり軸受の寿命予測処理の実行を開始し、まず、図4に示す初期メニュー画面が表示される。この初期メニュー画面で、例えばマウス5により軸受の選定選択領域A1をクリックすることにより、図6に示す軸受選定画面が表示される。この軸受選定画面で、軸受テーブルから軸受を検索する場合には、少なくとも内径、外形及び幅の各テキストボックス22a、22b及び22cをマウス5で順次選択することにより所望とする転がり軸受のミリ単位の寸法“30”、“62”及び“16”をキーボード4から入力すると共に、深溝玉軸受選択ボタン22dを選択する。

【0094】

これによって、電子カタログを検索して該当する呼び番号「6206」の主要寸法d、D、B、r、基本動定格荷重C、基本静定格荷重 C_0 、係数 f_0 、許容回転数、ラジアル荷重係数X、スラスト荷重係数Y等の諸元情報が図7の軸受テーブル画面に白抜き文字で表示される。

また、呼び番号「6206」を直接入力したときにも、同様に図7の軸受テーブル画面が表示される。

【0095】

この軸受テーブル画面で、新寿命計算ボタン33をマウス5でクリックして選択することにより、図9の新寿命計算式画面が表示され、この新寿命計算式画面で、読み込みボタン43をクリックすることにより、図7の軸受テーブルで選択した呼び番号の諸元情報が順次入力される。すなわち、コンボボックス51に軸受タイプとして「深溝玉軸受」が表示され、呼び番号のテキストボックス52に「6206」が表示され、軸受動定格荷重Cのテキストボックス53に「19500」が表示され、軸受静定格荷重 C_0 のテキストボックス54に「1130」

が表示され、軸受内径 d のテキストボックス 55 に「30」が表示され、軸受外径 D のテキストボックス 56 に「62」が表示される。

【0096】

その後、新寿命計算画面の上に図 10 に示す荷重定数の定義画面が表示され、この定義画面を参照して、運転条件或いは使用個所から荷重係数 f_w を決定する。この例では、衝撃のない円滑運転で、電動機、工作機械、空調機械等に使用するように、荷重係数 f_w をデフォルト値である“1.0”に決定する。

その後、閉じるボタン 62 を選択することにより、荷重係数の定義画面が閉じられ、これに代えて図 11 に示す信頼度係数の説明画面が表示され、この信頼度係数の説明画面を参照して、信頼度係数 a_1 を決定する。この例では、信頼度をデフォルト値である 90% に決定することにより、信頼度係数 a_1 として“1.00”を決定する。

【0097】

その後、閉じるボタン 64 をマウス 5 で選択することにより、信頼度係数説明画面が閉じられ、これによって、新寿命計算画面がアクティブ状態となる。このとき、決定した荷重係数 f_w 及び信頼度係数 a_1 をキーボード 4 を使用して夫々テキストボックス 58 及び 59 に入力するが、この例では、デフォルト値を使用するので、入力を省略する。

【0098】

この状態で、動等価荷重計算ボタン 60 をマウス 5 で選択することにより、図 13 に示す動等価荷重計算画面が表示される。この動等価荷重計算画面で、使用条件から求めた理論ラジアル荷重 F_r 及び理論アキシアル荷重 F_a とをキーボード 4 を使用してテキストボックス 78 及び 79 に入力すると共に、回転数例えば「5000」 min^{-1} をキーボード 4 を使用してテキストボックス 80 に入力する。このとき、使用条件が複数ある場合には、追加入力ボタン 82 をマウス 5 で選択してから他の使用条件における理論ラジアル荷重 F_r 、理論アキシアル荷重 F_a 、回転数 N 及び使用条件比率をキーボード 4 を使用して入力する。

【0099】

これらの入力が完了した状態で、計算実行ボタン 72 をマウス 5 で選択するこ

とにより、前記(9)式の演算を行って、動等価荷重 P を算出すると共に、使用条件が複数ある場合には平均回転数 N を算出し、単数であるときにはテキストボックス80に入力された回転数を平均回転数 N として算出し、算出した動等価荷重 P 及び平均回転数 N をテキストボックス83及び84に表示する。

【0100】

その後、結果反映ボタン73をマウス5で選択することにより、動等価荷重計算画面が閉じられて、図9の新寿命計算式画面がアクティブとなり、算出した動等価荷重 P 及び平均回転数 N がテキストボックス57及び61に表示される。

算出した動等価荷重 P に関して、基本動定格荷重 C の50%を越える場合や基本静定格荷重 C_0 を越える荷重に関しては、警告のメッセージを表示する。

【0101】

また、平均回転数においても、グリース潤滑又は油潤滑に関して、許容回転数を越えた場合、警告のメッセージを表示する。

そして、表示されている新寿命計算式画面で、運転粘度計算ボタン64をマウス5で選択することにより、新寿命計算式画面の上に図15に示す潤滑パラメータ計算画面が表示される。この潤滑パラメータ計算画面では、電子カタログの諸元情報からピッチ円直径 d_m がテキストボックス93に表示されると共に、動等価荷重計算画面で算出した平均回転数 N が軸受回転数としてテキストボックス94に表示され、軸受性能係数 A としてデフォルト値“1.00”が表示されており、この状態で、コンボボックス87で潤滑剤リストから使用する潤滑剤例えば「ISO VG68」を選択して表示させると、これに応じて40℃の時の潤滑油粘度及び100℃の時の潤滑油粘度がテキストボックス88及び89に表示され、この状態で運転温度をテキストボックス90にキーボード4を使用して入力してから運転粘度計算ボタン82をマウス5で選択することにより、40℃及び100℃の潤滑油粘度を結ぶ直線に基づいて運転温度での運転粘度 ν が比例計算されて算出され、これがテキストボックス91に表示される。

【0102】

次いで、必要粘度計算ボタン83をマウス5で選択してクリックすることにより、軸受回転数 N が 5000 min^{-1} であって 1000 min^{-1} を超えているの

で、係数 K が“1”に設定され、この係数 K 、軸受回転数 N 及びピッチ円直径 d_m をもとに前記(11)式の演算を行って必要粘度 ν_1 を算出し、これをテキストボックス95に表示する。

【0103】

次いで、潤滑パラメータ計算画面の上に図16の潤滑パラメータ説明画面が表示され、この説明文における軸受性能係数 A の記載から軸受性能係数 A が“1.00”で良いか否かを判断してから閉じるボタン111をマウス5で選択してクリックすることにより、図15に示す潤滑パラメータ説明画面を閉じて、図15に示す潤滑パラメータ計算画面をアクティブ状態とし、潤滑パラメータ説明画面で判断した軸受性能係数 A を変更する場合には、テキストボックス96に新たな軸受性能係数 A をキーボード4を使用して入力する。その後、(12)式の演算を行うことにより、補正必要粘度 ν_1' を算出し、これをテキストボックス97に表示してから前記(13)式の演算を行って粘度比で表される潤滑パラメータ κ を算出し、これをテキストボックス98に表示する。

【0104】

この状態で、計算結果反映ボタン84をマウス5で選択してクリックすることにより、潤滑パラメータ計算画面を閉じて、図9に示す新寿命計算式画面をアクティブ状態として、そのテキストボックス62に潤滑剤「ISO VG68」を表示すると共に、テキストボックス63に運転粘度 ν 「28.5」を表示する。

その後、新寿命計算式画面の上に図19に示す汚染度係数定義画面が表示され、汚染度係数 a_c がデフォルト値「普通($a_c = 0.5$)」で良いか否かを判断し、使用条件が通常使用状態であるときには、デフォルト値をそのまま使用し、10 μ m未満のフィルタ管理を行う電機情報用密封グリース軸受を使用する場合には極めて清浄であるため、汚染度係数 a_c を“1”に設定し、これより清浄度が低下するにレベル応じて汚染度係数 a_c が小さい値となり、重汚染状態で使用する場合には汚染度係数 a_c を“0.05”に設定する。

【0105】

次いで、物体1の主曲率 ρ_{11} 、 ρ_{12} 及び物体2の主曲率 ρ_{21} 、 ρ_{22} に基づいて前記(14)式に従って主曲率の和 $\Sigma\rho$ を算出すると共に、算出した和 $\Sigma\rho$ と主曲率

ρ_{11} , ρ_{12} , ρ_{21} 及び ρ_{22} に基づいて $\cos \tau$ を算出し、これらに基づいて記憶テーブルを参照するか $\cos \tau$ と粘度 ν 及び摩擦係数 μ との関係を示すマップを参照して粘度 ν 及び摩擦係数 μ を算出し、軸受形式が玉軸受であるので、前記 (16) 式の演算を行って疲労限度荷重 P_u を算出し、次いで、算出した疲労限度荷重 P_u 、動等価荷重 P 、軸受動定格荷重 C 及び汚染度係数 a_c に基づいて荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_c$ を算出し、算出した荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_c$ と潤滑パラメータ κ とに基づいて図 18 の寿命補正係数算出用マップを参照して寿命補正係数 a_{NSK} を算出し、次いで前記 (7) 式の演算を行って軸受寿命 L_A を算出し、図 21 に示す結果出力画面を表示して、テキストボックス 143、144、145 及び 146 に夫々信頼度係数 a_1 、寿命補正係数 a_{NSK} 、従来寿命 L_{10} 及び軸受寿命 L_A を表示する。

【0106】

この結果出力画面で、印刷ボタン 132 をマウス 5 で選択してクリックすることにより、結果出力画面で表示されている全てのデータがプリンタ 6 で印刷される。

その後、算出された軸受寿命がユーザーの所望する軸受寿命を満足しているかを判定し、満足している場合には処理を終了するが、ユーザーの所望する軸受寿命を満足していない場合には、呼び番号を変更して使用する軸受を大型化するか、潤滑剤のフィルタ管理を強化して汚染度係数 a_c を増加させるか、潤滑剤の粘度比 κ を大きくするかの何れかを図 23 に示す変更選択画面における選択ボタン 151 ~ 153 の何れかを選択することにより決定し、これに基づいて軸受寿命 L_A を再計算することにより、ユーザーが所望とする軸受寿命を満足する転がり軸受を選定することができる。

【0107】

このように、上記実施形態によれば、動等価荷重 P 及び疲労限度荷重 P_u を算出すると共に、材料係数を考慮して汚染度係数 a_c を決定し、諸元情報から軸受基本動定格荷重 C を入力することにより、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_c$ を算出し、潤滑剤情報に基づいて潤滑パラメータ κ を算出することにより、図 20 に示す寿命補正係数算出マップを参照することにより、寿命補正係

数 a_{NSK} を算出し、この寿命補正係数 a_{NSK} 、信頼度係数 a_1 、軸受基本動定格荷重 C 、動等価荷重 P 及び荷重指数 p をもとに前記 (7) 式の演算を行って軸受寿命 L_A を算出するようにしたので、前述した図 2 2 の特性線 L_1 で示すように、耐久時間が増加するにつれて軸受荷重が直線的に減少する従来理論に比較して、本願発明による新寿命理論では、特性曲線 L_2 に示すように、耐久時間の増加によって徐々に変化率が小さくなって疲労限度荷重 P_u に近づく漸近線で表されることになり、実際の転がり軸受の寿命に則した的確な寿命予測を行うことができる。

【0108】

【実施例】

下記表 3 に呼び番号「6206」の深溝玉軸受を用いて行った試験条件及び実験結果と、 $a_1 = a_2 = a_3 = 1.0$ として $(C/P)^p$ で計算される従来寿命計算式 L_{CA} 及び本発明の新寿命計算式 L_A の演算結果とを示す。なお、試験回転数は $N = 5000 \text{ rpm}$ で行い、試験温度は $40 \sim 145^\circ\text{C}$ である。

【0109】

【表 3】

	P/C	κ	a_c	$(P-P_u)/C/a_c$	実験 $L_{10}hr$	従来式 $L_{CA}hr$	新式 $L_A hr$
1	0.1	0.1	1.0	0.1	580	5,556	560
2	0.1	0.8	0.8	0.1	44,400		43,340
3	0.1	1.5	0.5	0.2	91,040		90,010
4	0.3	0.3	1.0	0.3	45	206	41
5	0.3	1	0.5	0.6	390		371
6	0.3	2	0.3	0.9	355		330
7	0.5	0.5	1.0	0.5	28	44	22
8	0.5	1.5	0.4	1.2	49		48
9	0.5	3	0.2	2.4	43		40
10	0.7	1	1.0	0.8	26	16	24
11	0.7	2	1.0	0.8	37		35
12	0.7	4	0.5	1.3	23		22

【0110】

また、下記表4に呼び番号「L44649/610」の円すいころ軸受を用いて行った試験条件及び実験結果と、 $a_1 = a_2 = a_3 = 1.0$ として $(C/P)^P$ で計算される従来寿命計算式 L_{CA} 及び本発明の新寿命計算式 L_A の演算結果とを示す。なお、試験回転数は $N = 1000rpm$ で行い、試験温度は $40 \sim 145^\circ C$ である。

【0111】

【表 4】

	P/C	κ	a_c	$(P-P_u)/C/a_c$	実験 $L_{10}hr$	従来式 $L_{CA}hr$	新式 $L_A hr$
1	0.1	0.1	1.0	0.1	3,650	35,907	3,591
2	0.1	0.8	0.8	0.1	161,000		150,400
3	0.1	1.5	0.5	0.1	200,000 未はくり		200,000 以上
4	0.3	0.3	1.0	0.2	285	922	265
5	0.3	1	0.5	0.4	1,690		1,650
6	0.3	2	0.3	0.6	1,624		1,600
7	0.5	0.5	1.0	0.4	73	168	69
8	0.5	1.5	0.4	1.0	195		180
9	0.5	3	0.2	1.9	160		151
10	0.7	1	1.0	0.6	85	55	70
11	0.7	2	1.0	0.6	121		100
12	0.7	4	0.5	1.2	79		77

【0112】

なお、各試験とも、 $N=10$ 個行い、剥離した視線における90%信頼度の剥離寿命 L_{10} (hr) を求めた。使用した潤滑油はVG15～150の鉱油を使用した。

本発明による新寿命予測に使用した寿命補正係数算出用マップは玉軸受の場合を図24に、ころ軸受の場合を図25に夫々示す。

【0113】

さらに、寿命補正係数算出用マップを使用して表3及び表4の試験結果に条件を代入して演算を行い、従来の寿命計算式(JIS B 1518)と本発明の寿命計算式 L_A とを比較した結果、実寿命 L_{10} と比較して、全ての試験結果において、本発明の寿命計算式の値が、誤差10%程度の範囲でよく一致しており、本発明による寿命予測精度が従来式に比較して向上していることが実証された。

【0114】

また、今回、実験に用いた材料は、S U J 2であったが、清浄度を向上させた鋼を使用する場合は、疲労限度荷重 P_u を、現行の最大接触面圧 $P_{\max} = 1500 \text{ MPa}$ より上を設定することができる。

また、異物が軸受内に侵入するような環境下で使用される軸受においては、N S Kテクニカルジャーナル No. 652 (1992, pp 9~16) に記載されているような、残留オーステナイト量を20~50%とし、硬さを $H_v 700 \sim 850$ とした特殊軸受に関しては、汚染度係数 a_C を下記(18)式で表されるように、S U J 2の値の関数として計算式(7), (8)に組込むことが有効と考えられる。

【0115】

$$a_C = g(a_m, a_C) \quad \dots\dots\dots (18)$$

さらに、粘度比 κ と寿命比の関係を図式化して、計算式へ反映させることを考えるために、Beiblat 1993 DIN ISO 281に掲載された粘度比 κ と使用条件係数 a_3 との関係線図と、本発明者が積に報告している Λ と a_{23} との関係線図(日本トライボロジー会議予稿集(大阪 1997-11, p 324~326))を考慮して、図25に示すように、粘度比 κ と寿命との関係を潤滑パラメータ a_L として定義すると、さらに精度が高い寿命計算式となる。

【0116】

なお、上記実施形態においては、荷重係数の定義画面、信頼度係数説明画面、潤滑パラメータ説明画面、汚染度係数の定義画面、寿命補正係数説明画面が自動的に表示されるようにした場合について説明したが、これに限定されるものではなく、これらを使用する新寿命計算式画面、潤滑パラメータ計算画面等に各定義画面及び説明画面を表示するための表示ボタンを設け、これをマウス5で選択してクリックすることにより、各画面を表示するようにしてもよく、さらにはツールバーにヘルプその他のプルダウンメニューを設け、このプルダウンメニューに各画面を表示するメニューを登録するようにしてもよい。

【0117】

また、上記実施形態においては、パーソナルコンピュータ1に寿命予測アプリ

ケーションプログラムをインストールする場合について説明したが、これに限定されるものではなく、複数のコンピュータをLAN接続している場合には、1台のコンピュータにインストールした寿命予測アプリケーションプログラムを他のコンピュータで共有するようにしてもよく、さらには、インターネットのホームページに寿命予測アプリケーションプログラムを格納し、クライアントから有料又は無料でアクセス可能とするようにしてもよい。

【0118】

さらに、上記実施形態においては、潤滑パラメータ κ 及び荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_c$ をもとに図18に示す寿命補正係数算出用マップを参照して寿命補正係数 a_{NSK} を算出する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、図18の寿命補正係数算出用マップの各特性曲線の近似方程式を求め、これを使用して演算することにより寿命補正係数 a_{NSK} を算出するようにしてもよい。

【0119】

図27は、パラメトリック表示の一例であって、縦軸は本発明で計算した計算寿命を表し、横軸はこれに対応する信頼度係数(表1)の選択値に関わらず表1全ての信頼度について表示した一例である。

このように、上に述べた計算結果を、例えばディスプレイ3又はプリンタ6等の提示手段に出力し、パラメータ毎に軸受寿命との関係で表示することで、さらに好ましい顧客サービス情報を提供することができる。

【0120】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1に係る発明によれば、潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_c$ の関数で表される寿命補正係数 a_{NSK} と、信頼度係数 a_1 、軸受動荷重 C 、等価荷重 P 及び荷重指数 p とに基づいて前記(7)式に従って軸受寿命を算出するようにしたので、実際の転がり軸受の寿命に則した的確な寿命予測を行うことができるという効果が得られる。

【0121】

また、請求項2に係る発明によれば、汚染度係数 a_c を鋼の成分及び熱処理に

より寿命延長を図ることができる鋼の影響度として材料係数 a_m を適用し、この材料係数 a_m を考慮して汚染度係数を算出することにより、より正確な汚染度係数 a_c を求めることができるという効果が得られる。

さらに、請求項3に係る発明によれば、寿命補正係数 a_{NSK} を潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータとに基づいて算出するので、表面起点型剥離の形態を考慮した寿命補正係数 a_{NSK} を算出することができるという効果が得られる。

【0122】

さらにまた、請求項4に係る発明によれば、諸元情報入力手段で、諸元情報を入力すると共に、信頼度設定手段で信頼度係数 a_1 を設定し、且つ汚染度設定手段で汚染度を設定することにより、潤滑パラメータ演算手段で、潤滑パラメータ $a_L (= F(\kappa))$ を演算し、疲労限度荷重演算手段で疲労限度荷重を演算し、さらに荷重パラメータ決定手段で荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_c$ を演算することにより、寿命補正係数設定手段で、前記(8)式の演算を行って寿命補正係数 a_{NSK} を設定し、この寿命補正係数 a_{NSK} 、信頼度係数 a_1 、基本動定格荷重 C 、動等価荷重 P 、疲労限度荷重 P_u 、荷重指数 p に基づいて前記(7)式の演算を行って軸受寿命 L_A を算出するので、請求項1に係る発明と同様の効果を得ることができる。

【0123】

なおさらに、請求項5に係る発明によれば、前述した請求項4に係る発明の効果に加えて、軸受寿命演算手段の演算結果が所望寿命に該当しないときに、再演算判定手段で、所望寿命を満足する為に再計算が必要であるか否かを判定し、再計算が必要である場合には、転がり軸受の名番を大きい方に変更するか、汚染度の低い材料に変更するか、潤滑剤の粘度を高くするかのを何れかを選択することにより、再計算を行って、所望寿命を満足する転がり軸受を決定することができるという効果が得られる。

【0124】

また、請求項6に係る発明によれば、前述した請求項2と同様に鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度としての材料係数 a_m を考慮して汚染度係数を算出することにより、より正確な汚染度係数 a_c を求めるこ

とができるという効果が得られる。

さらに、請求項7に係る発明によれば、潤滑パラメータとして使用潤滑剤の動粘度 ν 及び運転温度における必要粘度 ν_1 の比である粘度比 κ を適用することにより、転がり軸受の運転状態における油膜厚さを考慮することができ、粘度比 κ が大きくなると潤滑状態が良好となって軸受寿命が向上し、粘度比 κ が小さくなると潤滑状態が悪くなり軸受寿命が低下するので、潤滑剤の性状に正確に対応した寿命予測が可能となるという効果が得られる。

【0125】

さらにまた、請求項8に係る発明によれば、荷重パラメータ及び潤滑パラメータをもとに、予め記憶した寿命補正係数算出マップを参照することにより、寿命補正係数を容易に算出することができるという効果が得られる。

また、請求項9に係る発明によれば、予測した寿命を提示することによって、ユーザーに寿命を容易に認識させることができるという効果が得られる。

【0126】

なおさらに、請求項10及び11に係る発明によれば、寿命予測プログラムを実行することにより、請求項4及び5と同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】

図1の電氣的接続関係を示すブロック図である。

【図3】

寿命予測処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図4】

初期メニュー画面を示す説明図である。

【図5】

軸受選択処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図6】

軸受選定画面を示す説明図である。

【図 7】

軸受テーブル画面を示す説明図である。

【図 8】

新寿命計算処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 9】

新寿命計算式画面を示す説明図である。

【図 1 0】

荷重係数の定義画面を示す説明図である。

【図 1 1】

信頼度係数説明画面を示す説明図である。

【図 1 2】

動等価荷重算出処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 1 3】

動等価荷重計算画面を示す説明図である。

【図 1 4】

運転粘度計算処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 1 5】

潤滑パラメータ計算画面を示す説明図である。

【図 1 6】

潤滑パラメータ説明画面を示す説明図である。

【図 1 7】

寿命演算処理手順の前半部を示すフローチャートである。

【図 1 8】

寿命演算処理手順の後半部を示すフローチャートである。

【図 1 9】

汚染度係数の定義画面を示す説明図である。

【図 2 0】

寿命補正係数算出用マップを含む寿命補正係数説明画面示す説明図である。

【図 2 1】

結果出力画面を示す説明図である。

【図 2 2】

説明画面を示す説明図である。

【図 2 3】

変更選択画面を示す説明図である。

【図 2 4】

転がり軸受が玉軸受である場合の粘度比 κ をパラメータとして荷重パラメータ $(P - P_u) / C \cdot (1 / a_C)$ と寿命補正係数 a_{NSK} との関係を示す特性線図である。

【図 2 5】

転がり軸受がころ軸受である場合の粘度比 κ をパラメータとして荷重パラメータ $(P - P_u) / C \cdot (1 / a_C)$ と寿命補正係数 a_{NSK} との関係を示す特性線図である。

【図 2 6】

粘度比 κ と潤滑パラメータ a_L との関係を示す特性線図である。

【図 2 7】

パラメトリック表示の一例である。

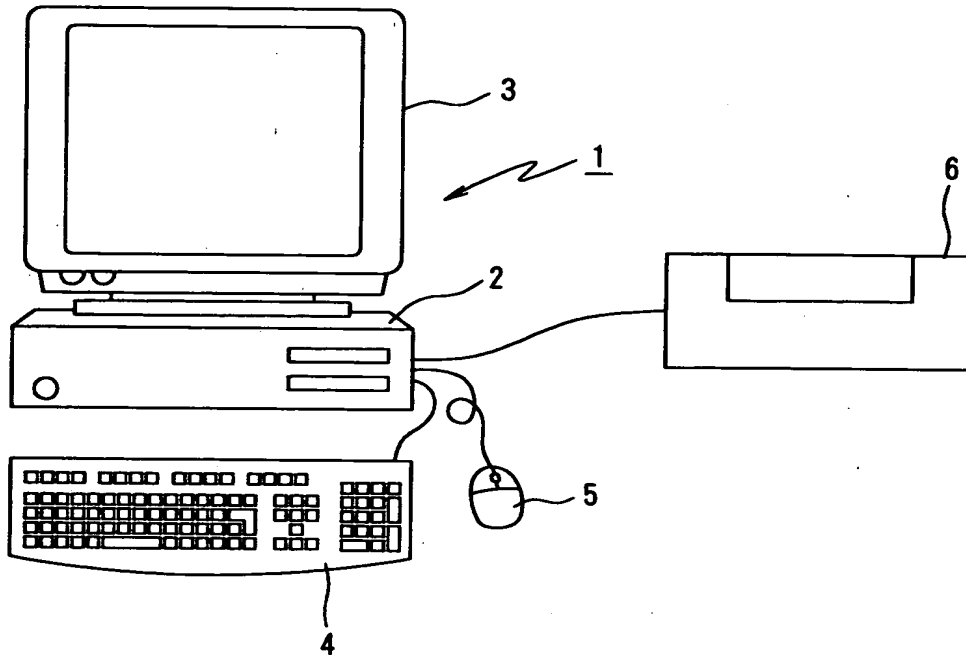
【符号の説明】

- 1 パーソナルコンピュータ
- 2 コンピュータ本体
- 3 ディスプレ
- 4 キーボード
- 5 マウス
- 6 プリンタ
- 11 中央演算処理装置
- 12 システムバス
- 13 記憶装置
- 14 ディスプレイコントローラ
- 15 キーボードインタフェース

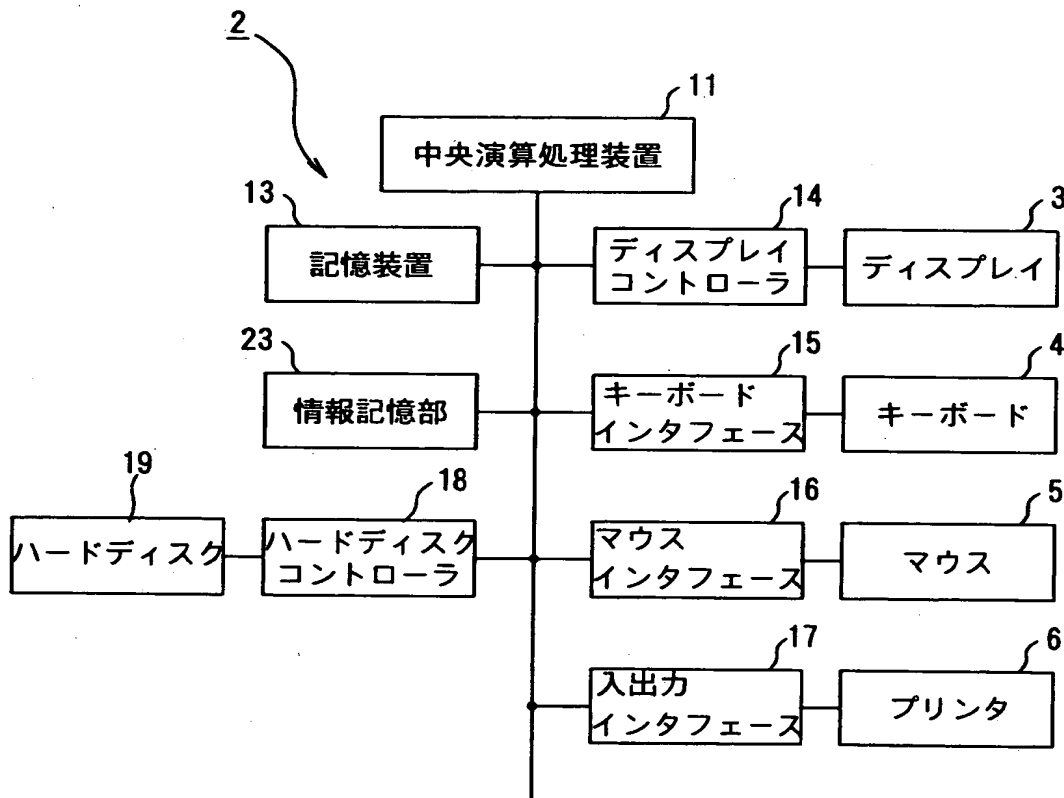
- 16 マウスインタフェース
- 17 入出力インタフェース
- 18 ハードディスクコントローラ
- 19 ハードディスク

【書類名】 図面

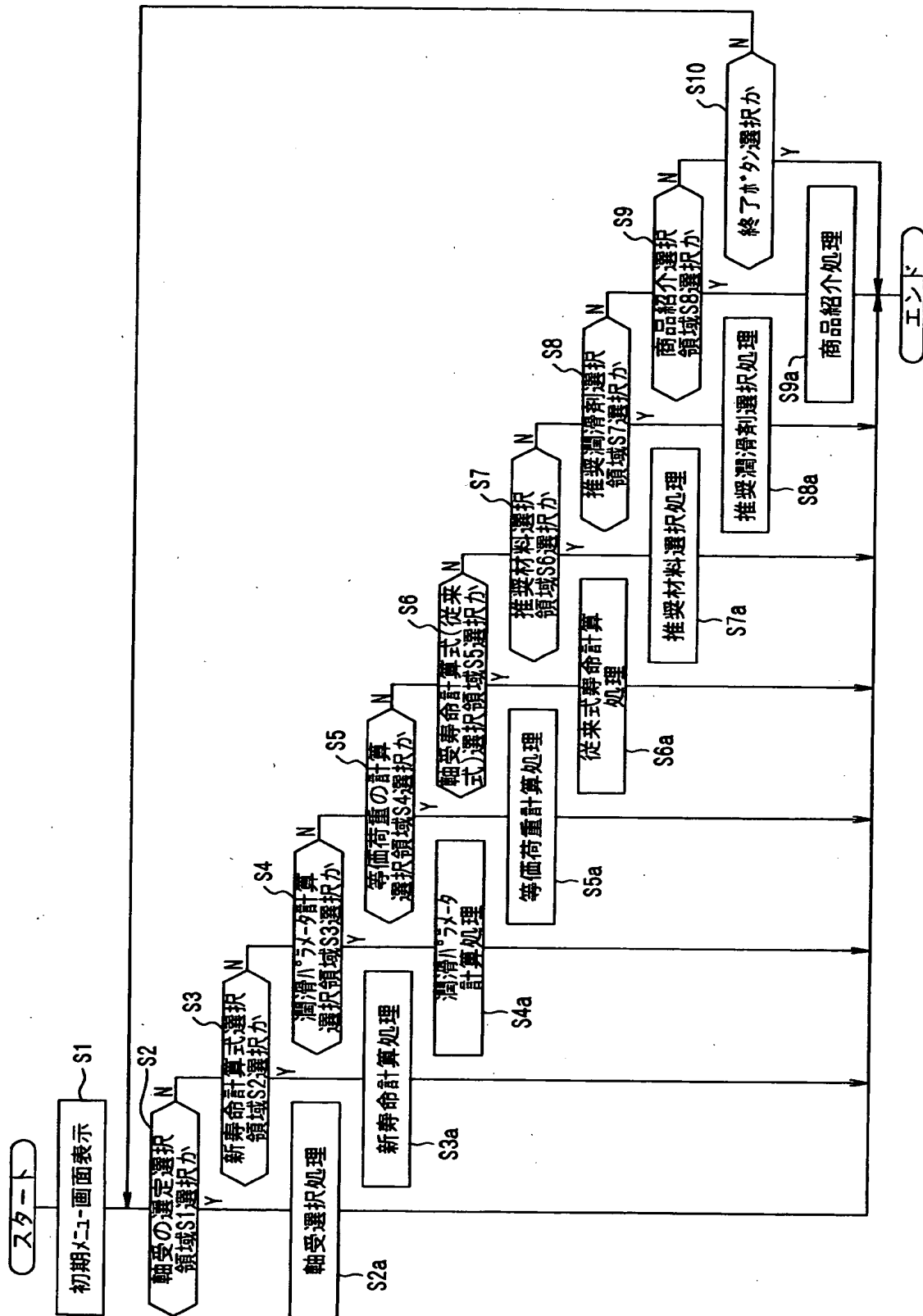
【図 1】



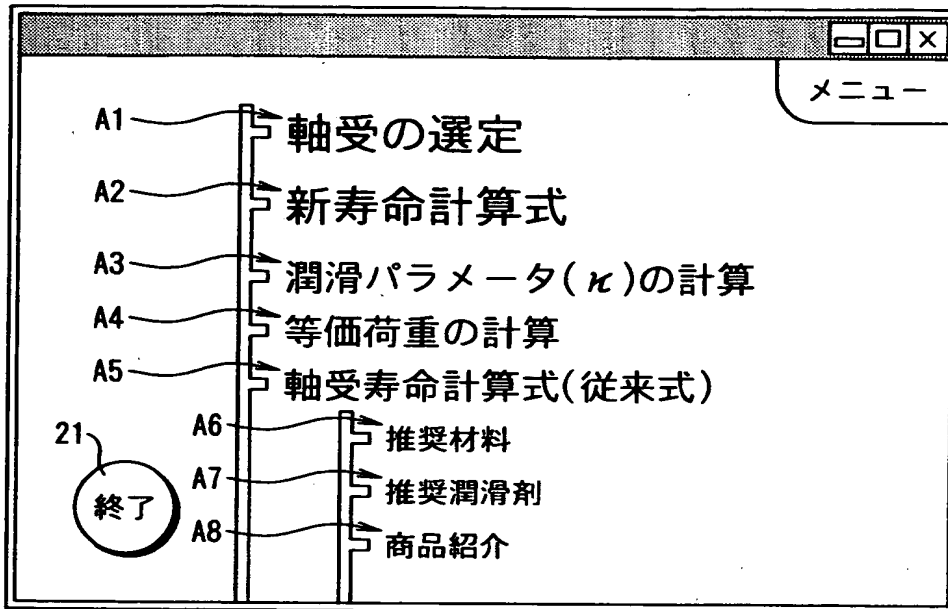
【図 2】



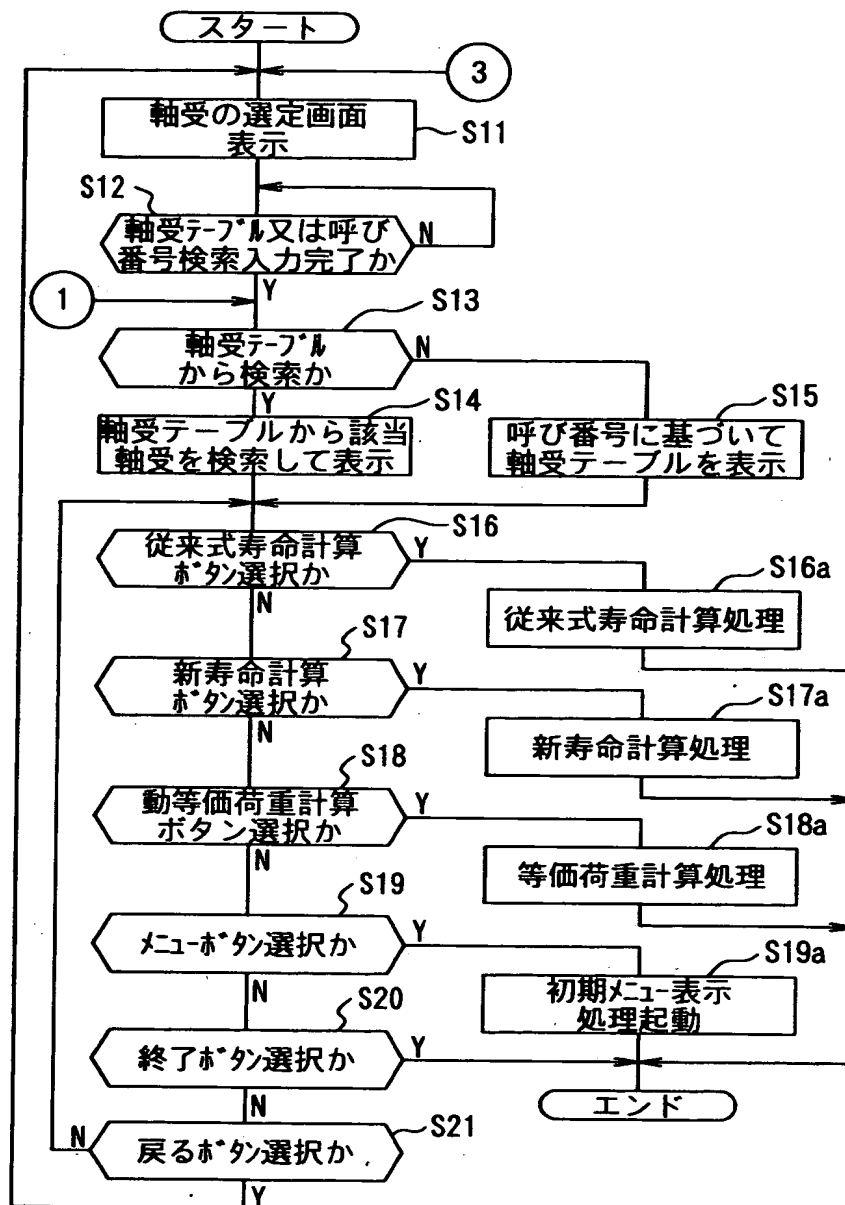
【図3】



【図4】



【図 5】



【図6】

軸受の選定

軸受テーブルから検索

内径d (mm) 外径D (mm) 幅(高さ)B (T) (mm)

最小 22a 22b 22c

最大 22d 22e 22f 22g

深溝玉軸受 円筒ころ軸受 円すいころ軸受 自動調心ころ軸受 単式スラスト軸受

22h 22i 22j 22k

呼び番号から検索

参照 23b

23a

メニュー 24

終了 25

【図 7】

31

軸受データベース

図表示

深溝玉軸受

呼び番号	主要寸法(mm)			基本定格荷重(N)			係数 f ₀	許容回転数(min)	
	d	D	B	r	Cr	Cor		グリス	油
6800	10	19	5	0.3	1720	840	14.8	34000	400
6800DD	10	19	5	0.3	1720	840	14.8	24000	
6800VV	10	19	5	0.3	1720	840	14.8	34000	
6800ZZ	10	19	5	0.3	1720	840	14.8	34000	
6900	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000	380
6900DD	10	22	6	0.3	2700	1270	14	22000	
6900N	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000	380
6900NR	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000	380
6900VV	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000	
6900ZZ	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000	
6000	10	26	8	0.3	4550	1970	12.4	30000	360
6000DDU	10	26	8	0.3	4550	1970	12.4	22000	

32 従来式寿命計算

33 新寿命計算

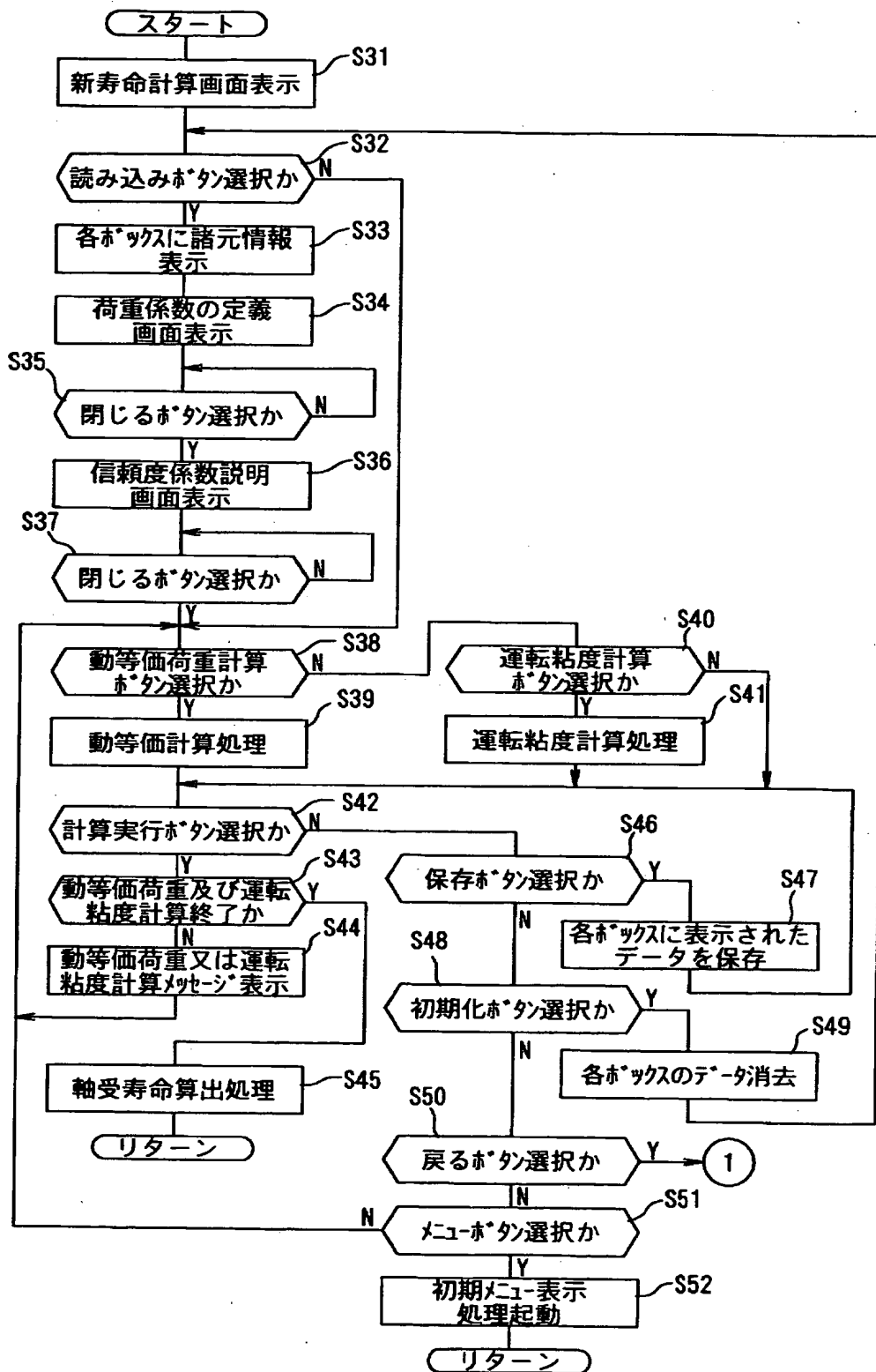
34 動等価荷重計算

35 戻る

36 メニュー

37 終了

【図 8】



【図9】

新寿命計算式

$L_A = a_1 a_{NS} L_{10}$

軸受タイプ 深溝玉軸受

呼び番号 6206

軸受動定格荷重 C (N)

軸受静定格荷重 C (N)

軸受内径 (mm)

軸受外径 (mm)

疲労限荷重 $P_U(N)$

特別入力 ○ 有 ◎ 無

信頼度 (%) a_1 90

荷重係数 f_w 1.0

軸受の動等価荷重 (N)

動等価荷重の計算

回転数 (min^{-1})

潤滑剤

運動粘度 ν (mm^2/s)

汚染度係数 a_c 普通 ($a_c=0.5$)

軸受材料仕様 高炭素クロム軸受鋼 (SUJ2Z, SUJ3Z)

運動粘度 (ν) の計算

計算実行

読み込み

保存

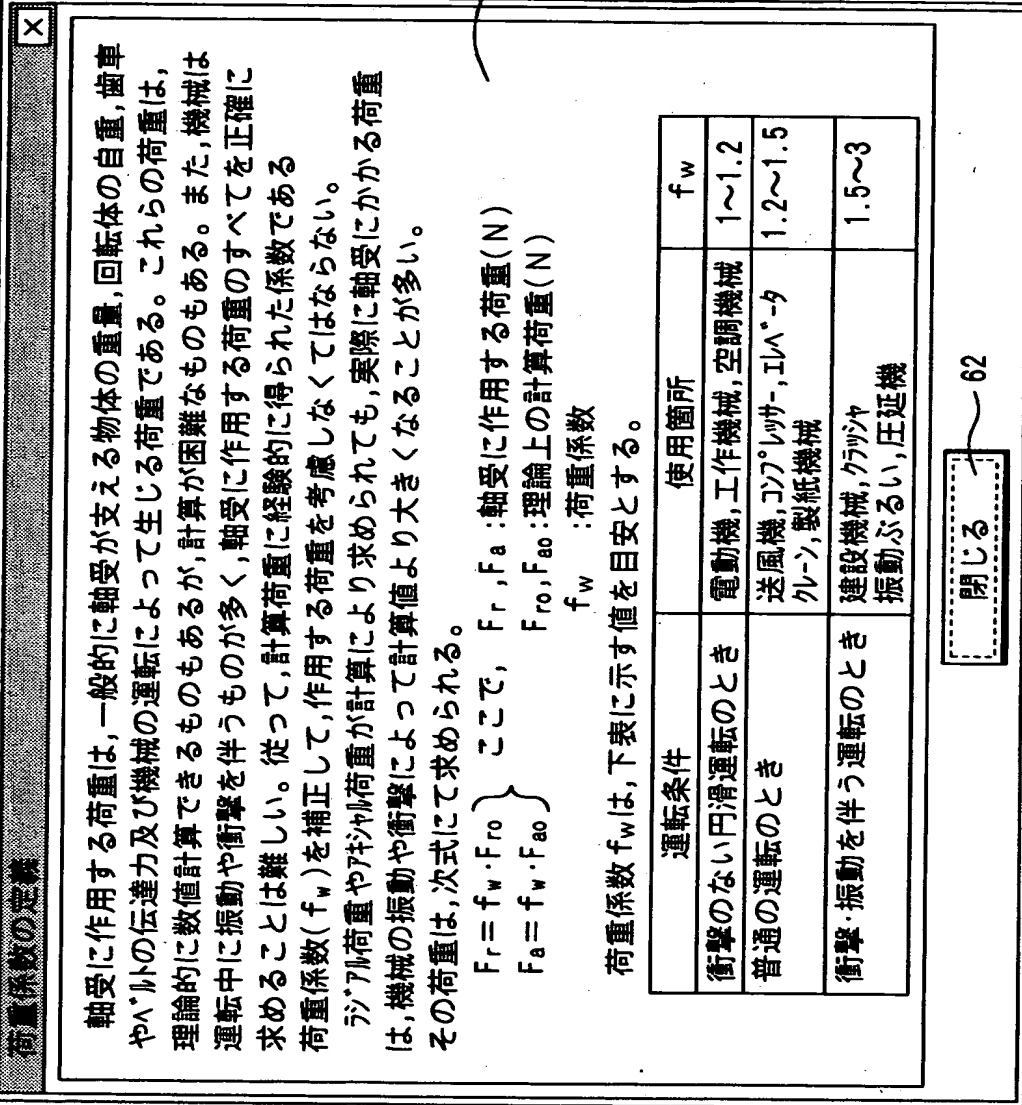
初期化

戻る

メニュー

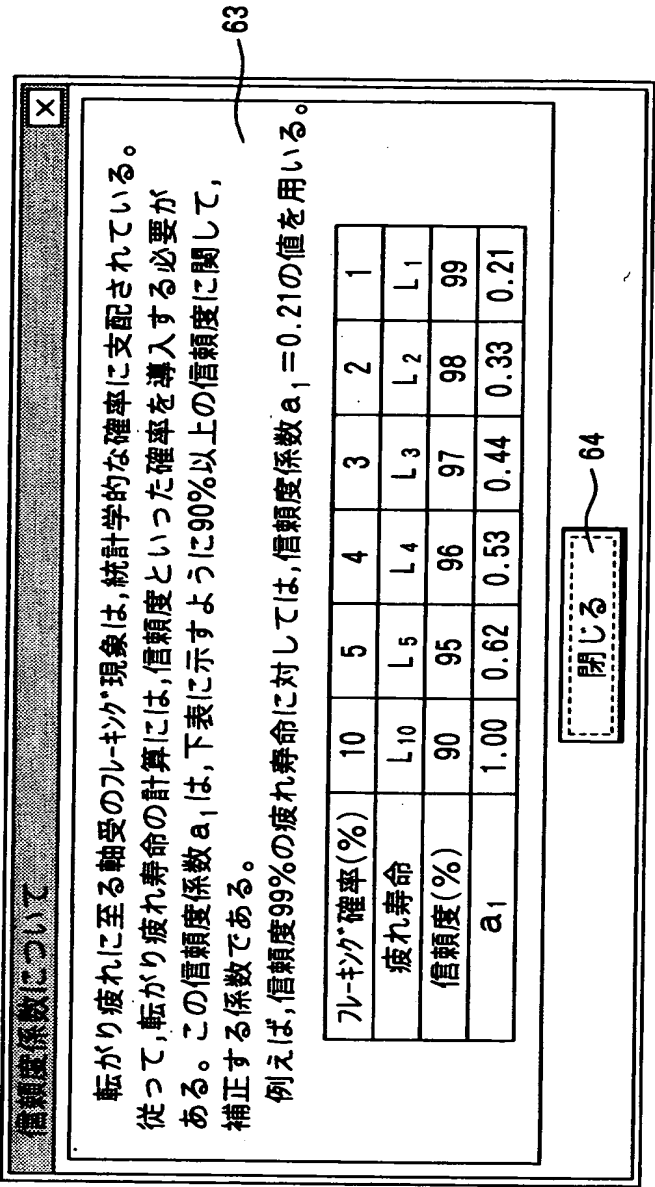
HELP

【図10】

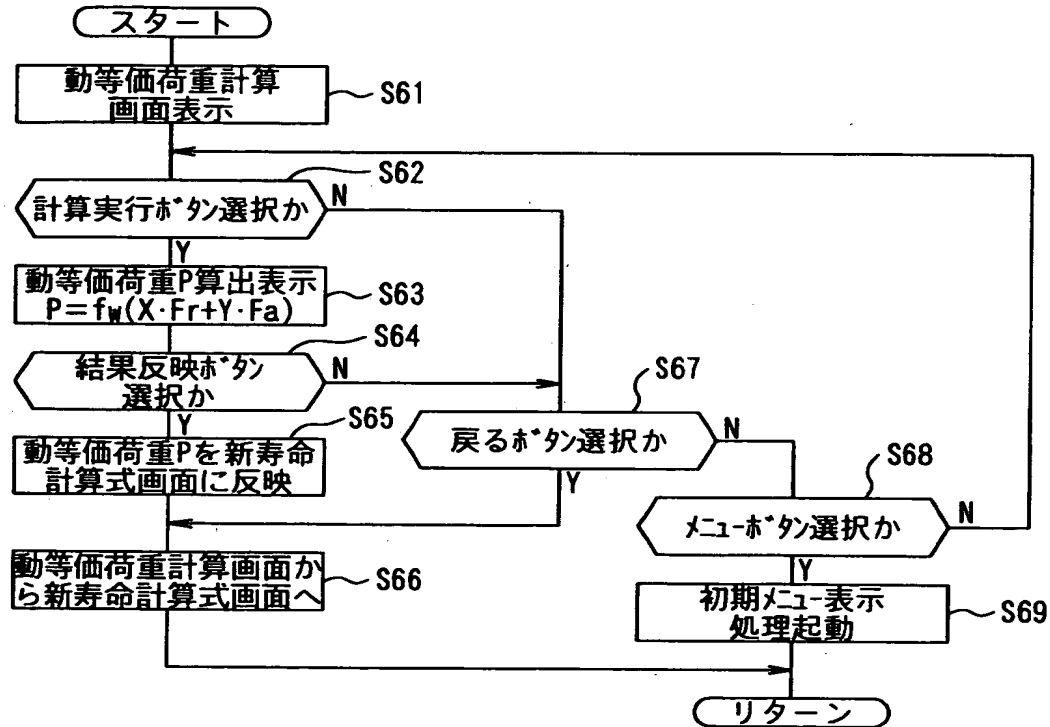


61

【図11】



【図12】



【図13】

動等価荷重の計算

軸受タイプ
深溝玉軸受

呼び番号
6206

使用条件	シリアル荷重(N)	アキシャル荷重(N)	回転数(min ⁻¹)	使用条件比率(%)
1				
2				
3				

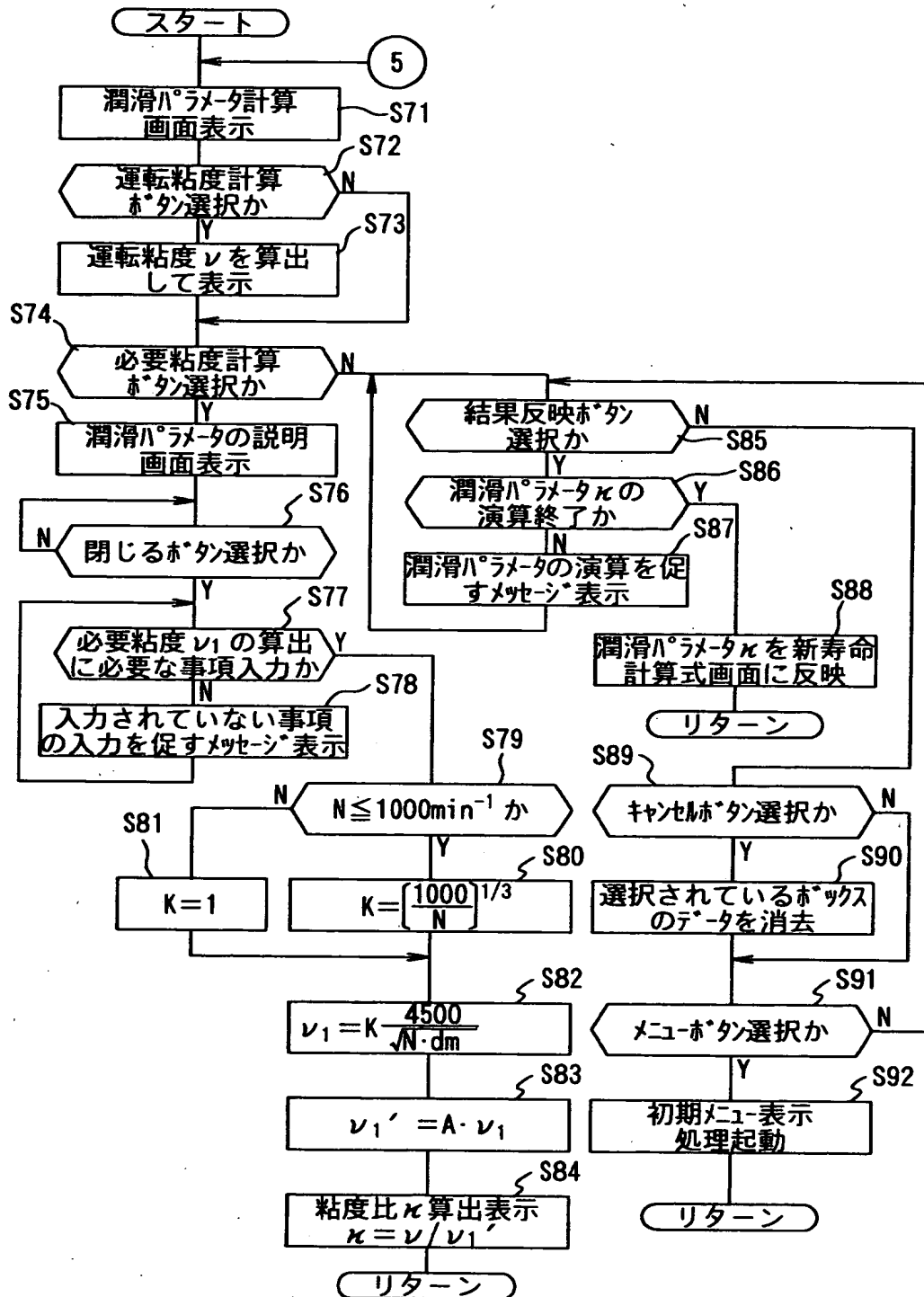
追加入力

動等価荷重 P(N) 平均回転数(min⁻¹)

P N

計算実行 結果反映 戻る メニュー

【図 14】



【図15】

潤滑パラメータの計算

92 99 93 94 95 96 97

必要粘度 ν_1

ヒッチ円直径 d_m (mm)

46

軸受回転数 n (min^{-1})

N

必要粘度 ν_1 (mm^2/s)

補正必要粘度 ν_1'

$\nu_1' = A \times \nu_1$

軸受性能係数 A

1.00

必要粘度 ν_1' (mm^2/s)

90

89

Cancel

× ニュー

84

83

計算結果反映

必要粘度の計算

82

運転粘度の計算

91

98

潤滑パラメータ κ

$\kappa = \nu / \nu_1'$

90

88

87

92

運転粘度 ν

潤滑剤銘柄が既知の場合

潤滑剤

使用潤滑剤の粘度が既知の場合

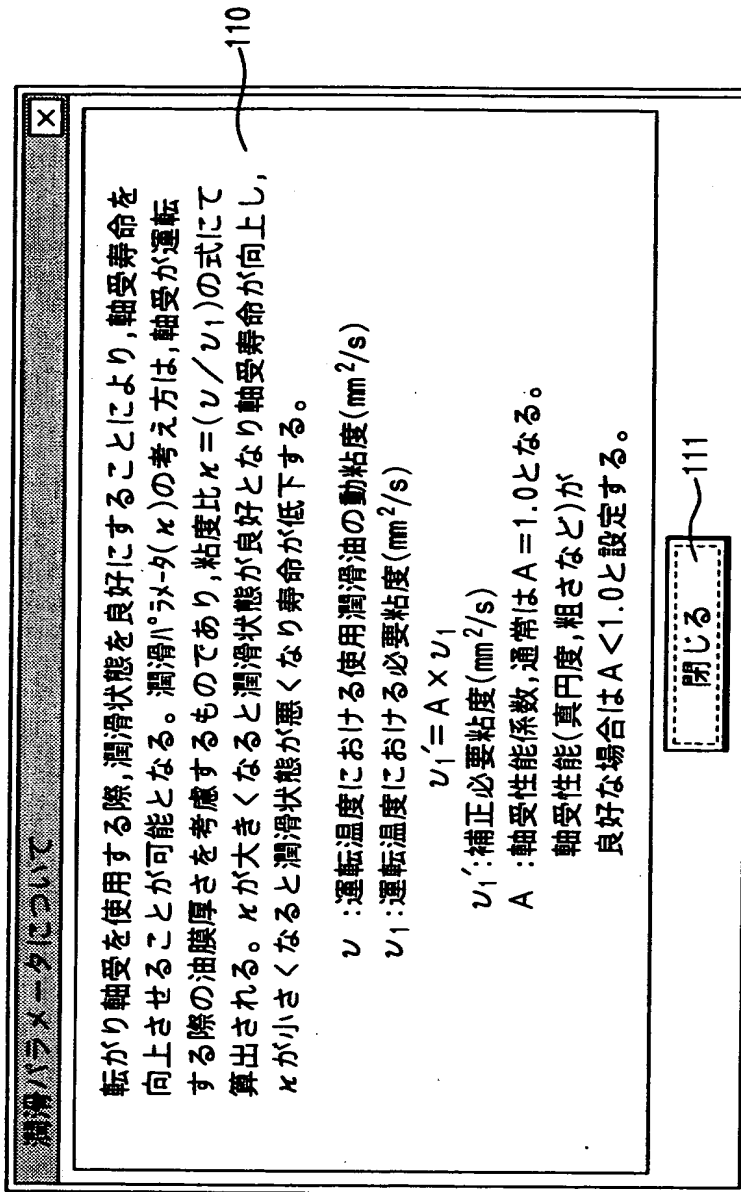
40°Cの時の潤滑油粘度

100°Cの時の潤滑油粘度

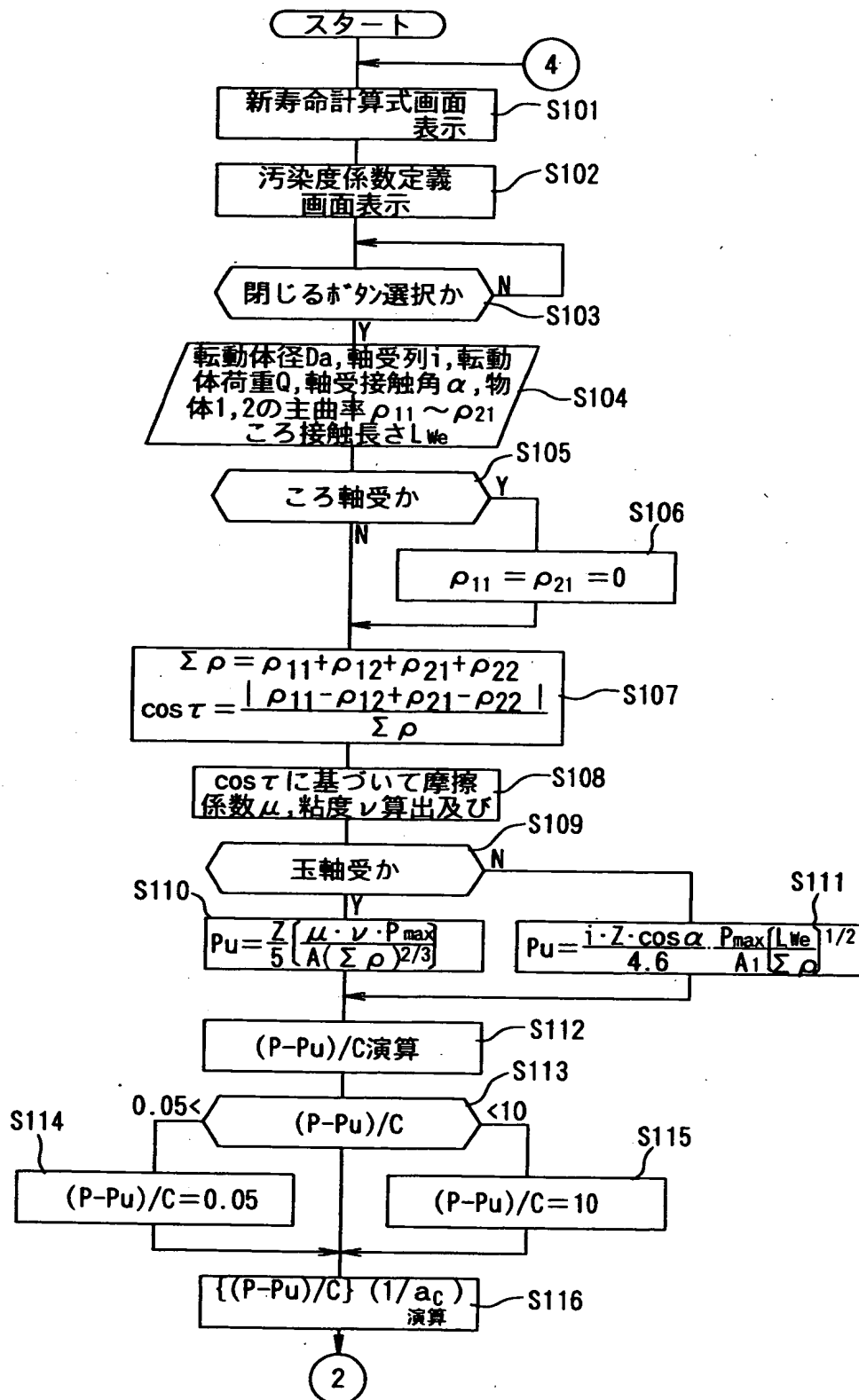
運転温度(°C)

運転粘度 ν (mm^2/s)

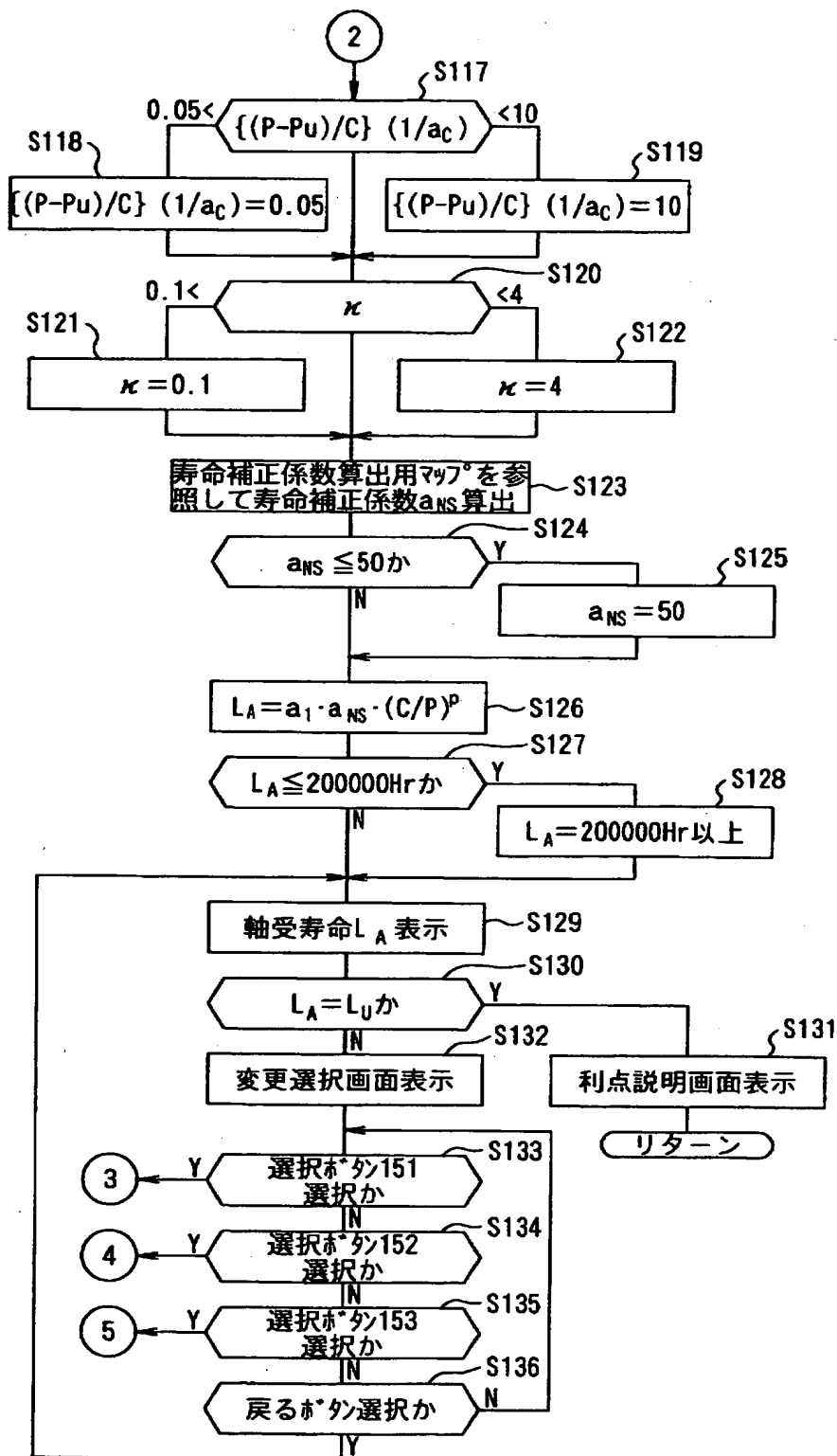
【図16】



【図 17】



【図18】



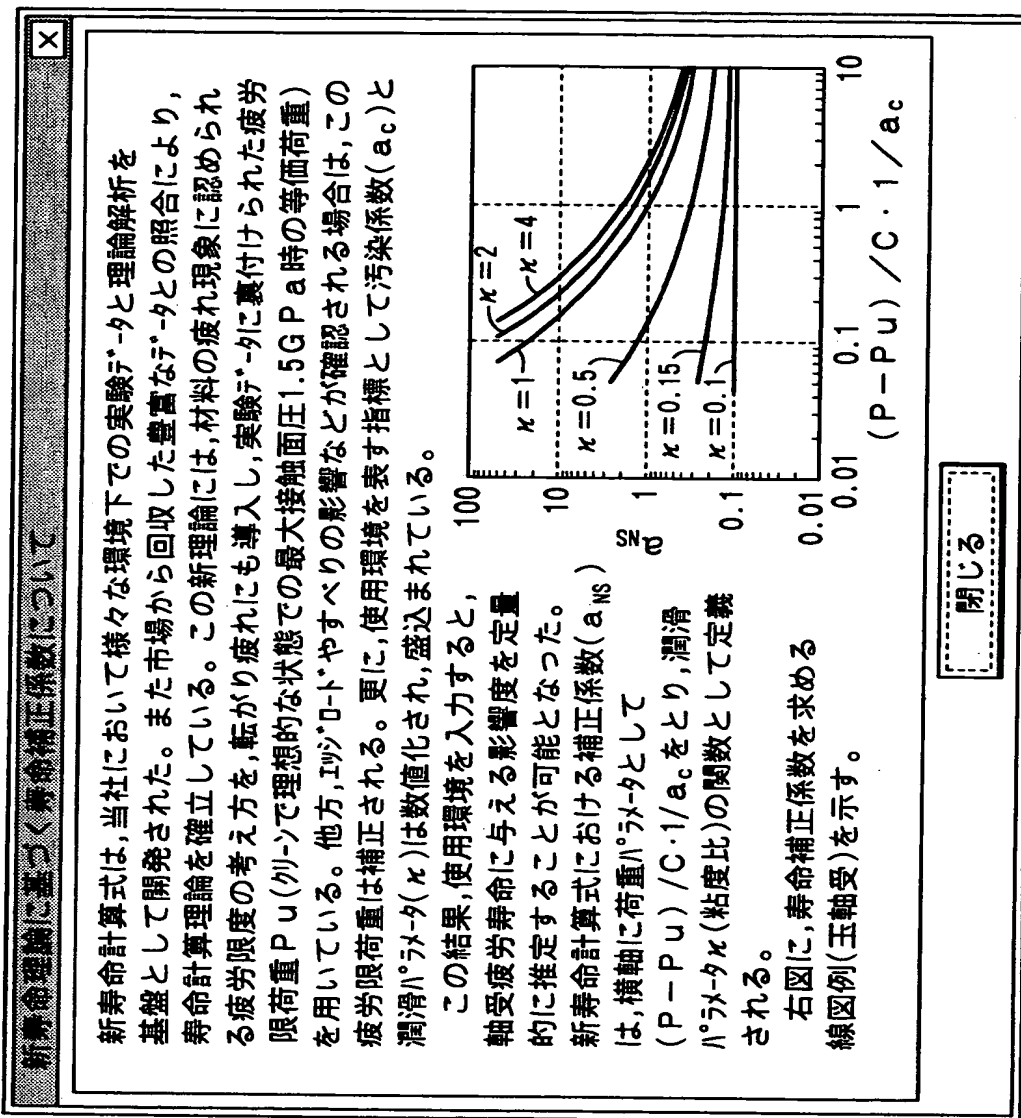
【図19】

121

汚染度係数の定義					
軸受の運転中に、外部から異物が混入した場合、転がり面に圧痕を生じ、圧痕部の応力集中により、フルギングが発生する。新寿命計算式では、この環境状態を5段階の適用例にて分類し、下記表の汚染度係数(a _c)を定めている。					
	極めて清浄	清浄	普通	汚染	重汚染
a _c	1	0.8	0.5	0.4~0.1	0.05
適用の目安	10μm未満 フィルタ-管理	10~30μm フィルタ-管理	30~100μm フィルタ-管理	100μmを超える フィルタ-又は フィルタ-管理無し (油浴,循環給油 タイプ等)	・フィルタ-無し ・多量の 粉塵混入
アプリケーション例	・電機情報用 密封ケベリス 軸受等	・電動機用密封 ケベリス軸受 ・鉄道車両用密 封ケベリス軸受 ・工作機械用密 封ケベリス軸受等	・通常使用 ・オフロード ケベリス軸受等	・自動車トランス ミッション用 ・自動車ハブ用 ・減速機用 ・土木建設 機械用等	

閉じる 122

【図 20】



【図 21】

結果出力

軸受タイプ 深溝玉軸受 呼び番号 6206

軸受動定格荷重 19 500 N 軸受静定格荷重 11 300 N

軸受動等価荷重 5 000 N 回転数 5 000 min⁻¹

汚染度係数 a_c = 0.50

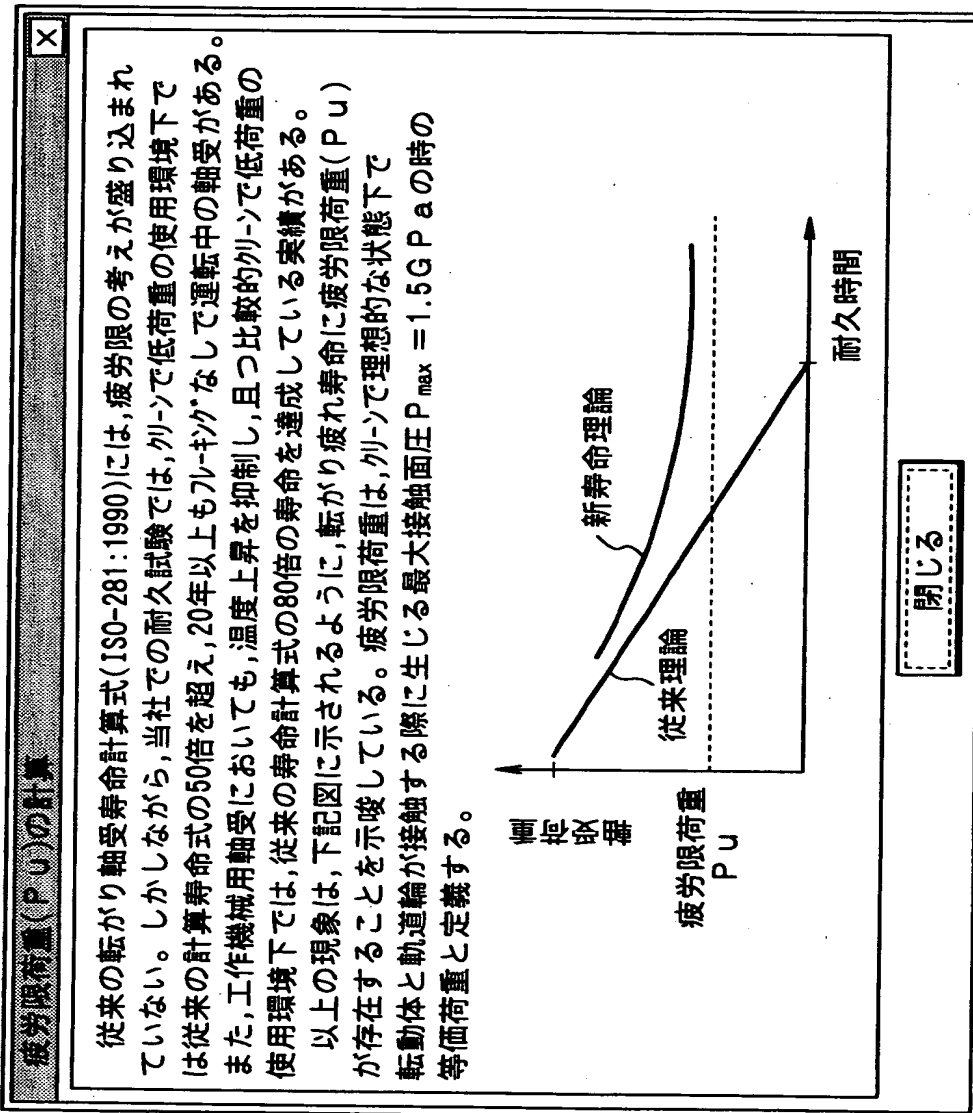
粘度比 κ = 3.04

$$L_A = a_1 a_{NS} L_{10}$$

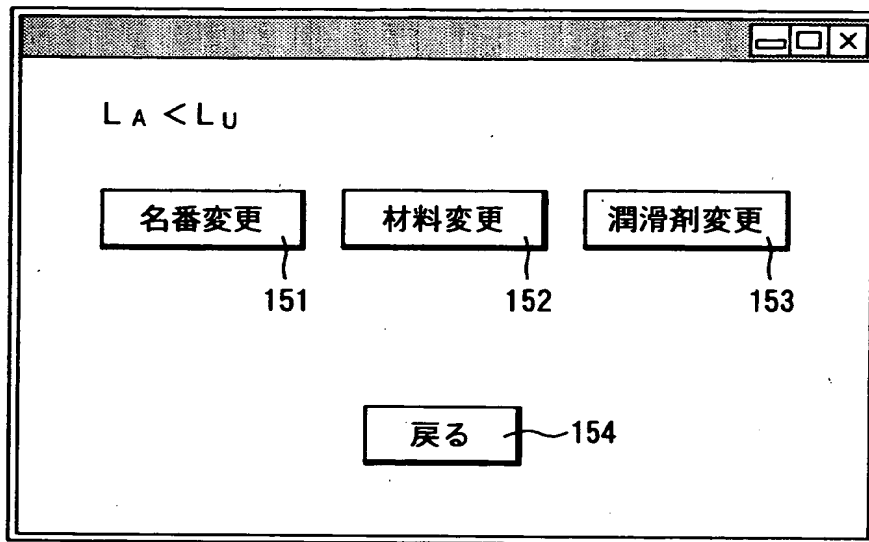
$$1.00 \times 4.08 \times 198 = 806$$

印刷 戻る メニュー

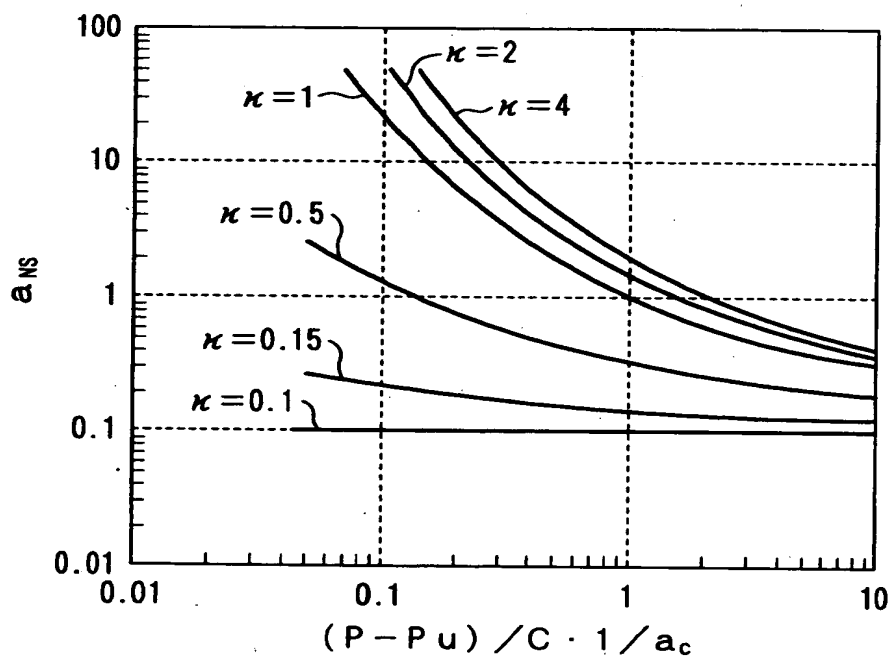
【図 22】



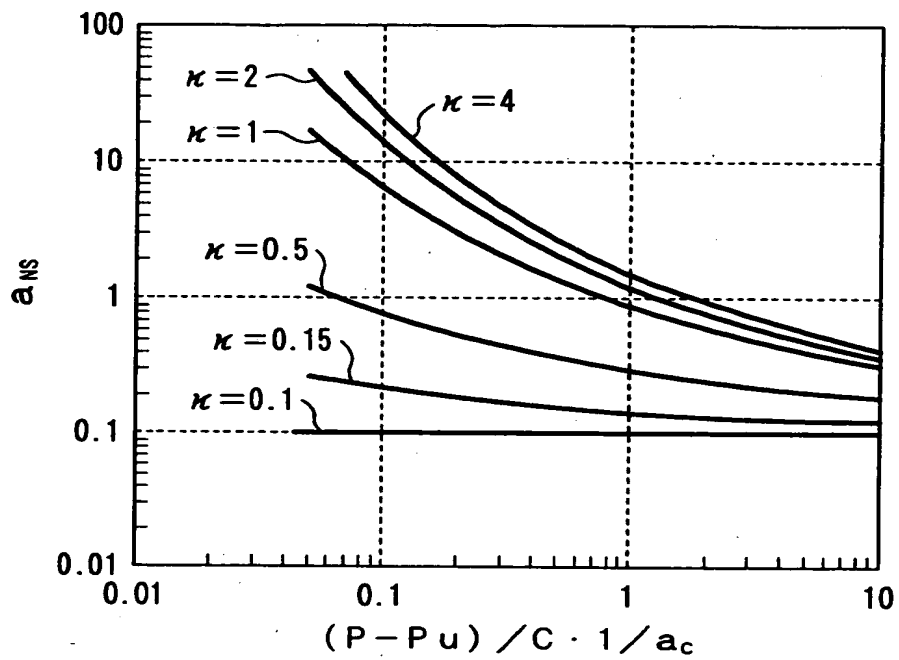
【図 2 3】



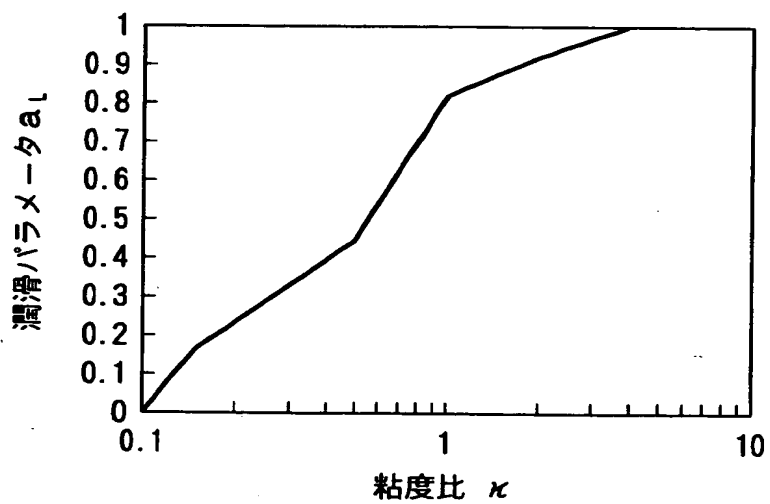
【図 2 4】



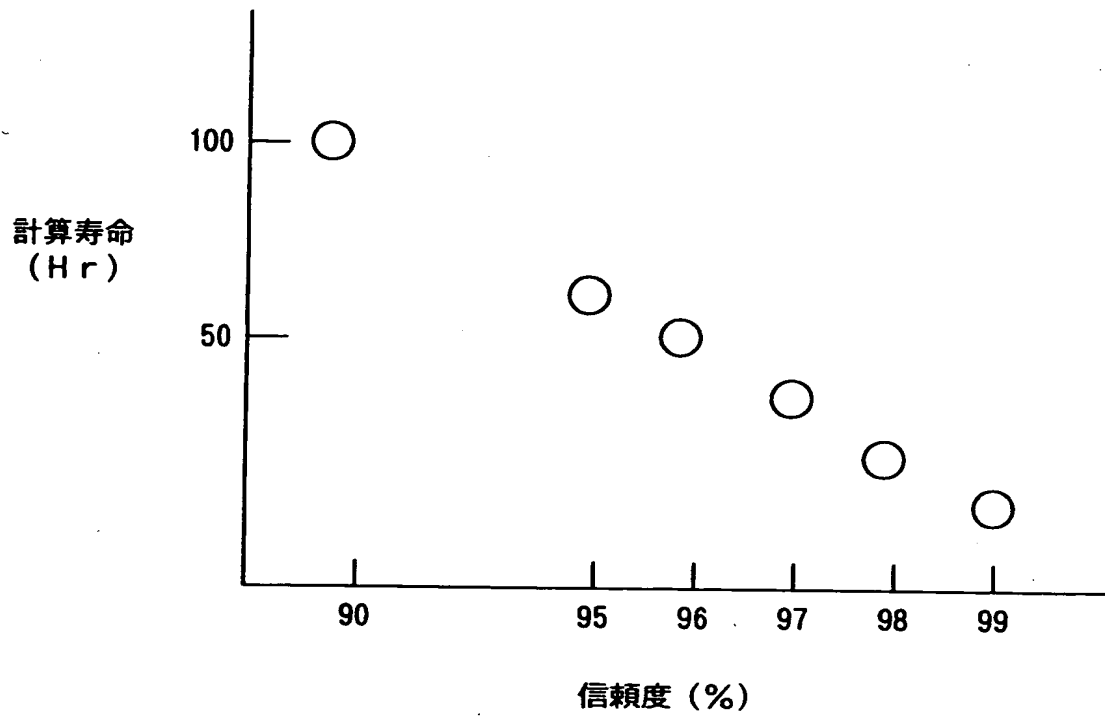
【図 25】



【図 26】



【図 27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 転がり軸受の寿命を実際の転がり軸受寿命に則した的確な寿命予測を行う。

【解決手段】 転がり軸受の諸元情報から動等価荷重 P を算出し、次いで信頼度係数 a_1 を決定し、使用する潤滑剤に応じた潤滑パラメータ a_L を算出し、さらに材料係数を考慮して汚染度係数 a_C を決定し、前記諸元情報に基づいて疲労限度荷重 P_u を算出してから荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を算出し、潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ とをもとに寿命補正係数算出用マップを参照して寿命補正係数 a_{NSK} を算出し、軸受寿命 L_A を $L_A = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot (C / P)^P$ で算出する。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004204]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区大崎1丁目6番3号

氏 名 日本精工株式会社